**T.C.**
**MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

# ENDÜSTRİYEL OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ

# TEMEL MEKATRONİK SİSTEMLER

**Ankara, 2014**

Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.

Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.

PARA İLE SATILMAZ.

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR ..... ii
GİRİŞ ..... 1
ÖĞRENME FAALİYETİ -1 ..... 3
1. MEKANİZMADA KUVVET ANALİZİ ..... 3
1.1. Eylemsizlik Momenti ..... 3
1.2. Paralel Eksenler (Steiner) Teoremi ..... 7
1.3. Öteleme Hareketinde Kuvvetler ..... 10
1.4. Sabit Eksen Etrafında Dönmede Kuvvetler ..... 18
UYGULAMA FAALİYETİ ..... 22
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ..... 30
ÖĞRENME FAALİYETİ- 2 ..... 32
2.ELEKTROMEKANİZMA ..... 32
2.1. Dönüş Hareketinde İş ve Güç ..... 32
2.2. Motor İle Yükün Sürülmesi ..... 36
2.2.1 . Doğrudan Tahrik ..... 37
2.2.2. Kasnaklı Tahrik ..... 39
2.2.3. Teğetsel Tahrik ..... 40
2.2.4. Vidalı Tahrik ..... 43
2.2.5. Dişlilerle Tahrik ..... 44
2.3. DC Motor ile Hareket ..... 45
2.3.1. Elektromanyetik İndüksiyon ..... 45
2.3.2. Manyetik Alanda Kuvvet ..... 47
2.3.3. DC Motorun Yapısı ..... 48
2.3.4. DC Motorun Kumandası ..... 53
2.3.5. DC Motorlarda Geri Besleme ..... 57
2.3.6. Sanayi Tipi DC Motorlar ..... 58
2.3.7. Kaplinler ..... 60
UYGULAMA FAALİYETİ ..... 62
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ..... 64
MODÜL DEĞERLENDİRME ..... 65
CEVAP ANAHTARLARI ..... 67
KAYNAKÇA ..... 68

# AÇIKLAMALAR

| | |
|---|---|
| **ALAN** | **Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri** |
| **DAL/MESLEK** | **Mekatronik Teknisyenliği** |
| **MODÜLÜN ADI** | **Temel Mekatronik Sistemler** |
| **MODÜLÜN TANIMI** | El aletlerini kullanarak mekanizmaları yapma becerisinin kazandırıldığı öğrenme materyalidir. |
| **SÜRE** | 40/32 |
| **ÖN KOŞUL** | Mekanizma Yapımı modülünü almış olmak. |
| **YETERLİK** | Kuvvet hesabını yapabilmek ve DC ya da adım motorunu hareket verici olarak kullanabilmek. |
| **MODÜLÜN AMACI** | **Genel Amaç**<br>Mekanizmaların hareket tipine göre kuvvet ve moment analizini yapabilecek, elektronik ile mekaniği birleştirebileceksiniz.<br>**Amaçlar**<br>• Mekanizmalarda kuvvet hesaplamalarını öğrenebileceksiniz.<br>• Elektromekanizmanın temellerini öğrenebileceksiniz. |
| **EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI** | **Ortam:** Mekanik ve elektronik atölyesi<br>**Donanım:** Mekanik atölye, takım tezgâhları, eğe, gönye, çekiç, pense, tornavida, mengene, kumpas, markacı boyası, çizecek, pergel, nokta, açı gönyesi, mihengir, pleyt, çelik cetvel, avometre, lehim teli, havya, pertinakslar ve elektronik devre elemanları. |
| **ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME** | Her faaliyetin sonunda ölçme soruları ile öğrenme düzeyinizi ölçeceksiniz. Araştırmalarla, grup çalışmaları ve bireysel çalışmalarla öğretmen rehberliğinde ölçme ve değerlendirmeyi gerçekleştirebileceksiniz. |

# GİRİŞ

**Sevgili öğrenci,**

Bu modülün, ilk öğrenme faaliyetinde rijit cisimlerin kinetiği yani cismin hareketinde müessir olan kuvvetler, cismin şekli ve kütlesi ile ortaya çıkan hareket arasındaki bağıntılar incelenecektir. Bu bölümdeki inceleme doğrudan F=ma denklemine dayanmaktadır. Buradaki F kuvveti 1 kg kütleli bir cismi 9.80665 m/sn$^2$ değerinde olan yer çekimi ortamında hareket ettirir ve birimi metrik sistemde Newton (N), İngiliz sisteminde ise "pound"dur. Kütle, ivmelenmeye karşı cismin gösterdiği dirençtir. Kütle birimi metrik sistemde gram, İngiliz sisteminde ise "slug"dur. Kütle ile çok karıştırılan bir terim olan ağırlık ise yer çekimsel ortamda bir cismi destekleyen kuvvettir ve yer çekimi ivmesi ile kütlenin çarpımına eşittir.

İkinci öğrenme faaliyetinde elde edilen mekanizmaların DC motorla nasıl irtibatlandırılıcağı konusu incelenecektir. İstenirse adım motoru da bağlanabilir. Motor gücünün hesaplanmasından hareketle sistem elemanlarının kazanacağı hız hesaplanacaktır.

# ÖĞRENME FAALİYETİ -1

## AMAÇ

Mekanizmalarda kuvvet hesaplamalarını öğrenebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Sevgili öğrenci, bu öğrenme faaliyetinden önce aşağıdaki hazırlıkları yapmalısınız.

- Newton'un ikinci kanununu tekrar ediniz.
- Çoğumuzun severek oynadığı yo-yo oyuncağının prensibini inceleyiniz.

# 1. MEKANİZMADA KUVVET ANALİZİ

Cisimlerin belirli bir şekli olduğundan uygulanan kuvvet sonucunda hem ötelenme hem de dönme hareketine maruz kalır.

## 1.1. Eylemsizlik Momenti

Cisimlerin belirli bir şekli olduğundan uygulanan kuvvet sonucunda hem ötelenme hem de dönme hareketine maruz kalır. Hareketin ötelenmesine sebep olan kuvvet Newton'un ikinci kanunu olan F = ma kuvvetidir. Cismin dönmesine sebebiyet veren unsur ise M = Iα ile verilen momentdir. Buna göre;

Kuvvet, F → Moment, M
Kütle, m → Eylemsizlik Momenti, I
İvme, a → Açısal İvme, α

karşılıkları vardır. Eylemsizlik momenti ise şu şekilde açıklanabilir:

Daha evvel sabit bir eksen etrafında dönen katı bir cismin üzerindeki herhangi bir noktanın çizgisel hızı:

$$v = rw$$

olarak verilmişti. Burada r, noktanın dönme eksenine olan uzaklığını, □ ise açısal hızı göstermekteydi. Kütlesi m olan bir parçacığın kinetik enerjisi ise

$$K.E = \frac{1}{2}mv^2$$

dir. Bu, tek bir noktanın kinetik enerjisidir. O zaman cismi teşkil eden tüm noktaların kinetik enerjisi

$$K.E = \sum \frac{1}{2} mr^2 \omega^2$$

olur. Katı cisim üzerinde bulunan bütün noktaların ω açısal hızı aynı olduğundan

$$K.E = \frac{1}{2} \sum [mr^2] \omega^2$$

yazılabilir. $\sum mr^2$ toplamını bulmak için cismin hayali olarak bir çok zerreye ayrıldığı düşünülür. Her zerrenin kütlesi ile bu zerrelerin dönme eksenine olan uzaklıklarının karesi çarpılır ve her bir çarpım toplanır. Bu toplama parçanın dönme eksenine göre kütlesel atalet momenti ya da eylemsizlik momenti denir. I ile gösterilir.

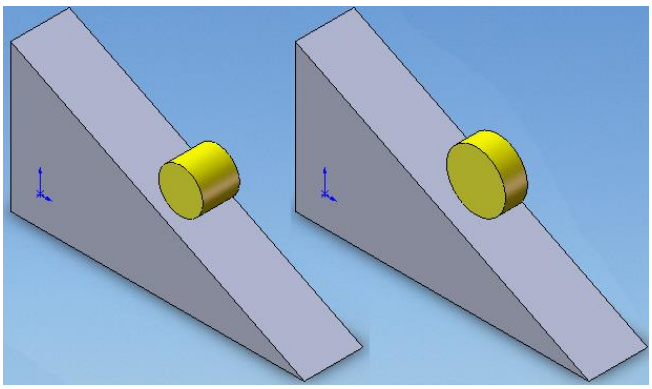
$$I = \sum mr^2$$

Birimi [kg.m$^2$] ya da [g.cm$^2$]'dir. Buna göre yukarıdaki denklem yeniden yazılabilir.

$$K.E = \frac{1}{2} I \omega^2$$

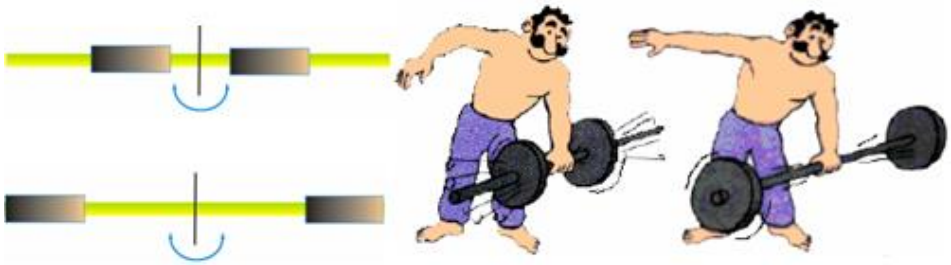
Eylemsizlik momenti; kütle, iletkenlik katsayısı gibi cisme has bir özellik olmayıp cismin dönüş eksenine göre konumuna bağlıdır.

Eylemsizlik momenti, diğer bir ifadeyle kütlesel atalet momenti, sabit bir eksen etrafında dönmekte olan bir cismin dönmede meydana gelebilecek bir değişikliğe karşı gösterdiği dirençtir. Cisimler daima yaptığı hareketi korumaya çalışır. Dönüyorsa daima dönmek ister; durmak istemez. Duruyorsa da hareket etmekte nazlanır.



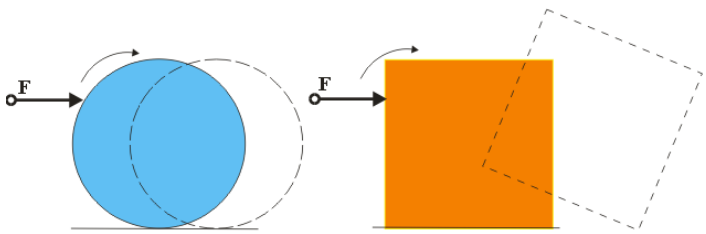
**Şekil 1.1: Eğik düzlemde hareket**

Aynı kütleli fakat çapları farklı iki silindirin eğik bir düzlemde yuvarlandıklarını kabul edelim. Büyük çaplı silindir, açısal dönme durumunu değiştirmek istememesinden dolayı, hızlanmak için küçük çaplı silindire göre daha fazla çabaya ihtiyaç duyar. Çünkü kütle, dönme ekseninden küçük çaplı silindire göre daha uzağa yayılmıştır. Buna göre dönme eksenine yakın kütleler küçük eylemsizlik momentine sahip olduklarından daha kolay döner. Tıpkı dönme eksenine yakın kütlelerin kolayca çevrildiği gibi.



**Şekil 1.2: Eksene uzaklığın eylemsizliğe etkisi**

Daha kolay bir örnek: Aynı kütleli dikdörtgen kesitli bir cismi mi döndürebiliriz yoksa daire kesitli bir cismi mi?



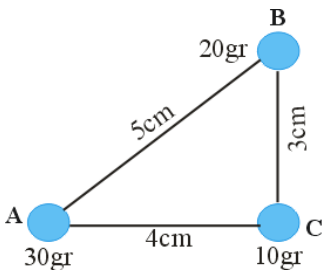

**Şekil 1.3: Eksene uzaklığın eylemsizliğe etkisi**

**Örnek 1:**

Üç küçük küre tellerle birbirine bağlanmıştır. Tellerin ağırlığı ihmal edilerek sistemin

- A noktasından geçen eksene göre
- BC eksenine göre

eylemsizlik momentini bulunuz.



**Çözüm:**

- A noktasından geçen eksene göre A küresinin uzaklığı sıfır olduğundan sistemin toplam eylemsizlik momentine bir katkısı olmaz. Buna göre B ve C cisimleri dikkate alınır.

$I = \sum m\, r^2 = 10 \times 4^2 + 20 \times 5^2$

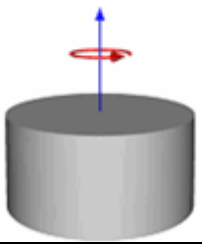
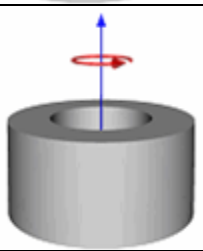
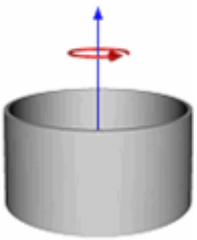
$I = 570\ g\ cm^2$

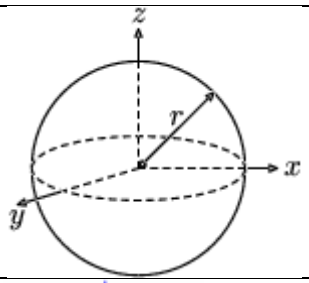
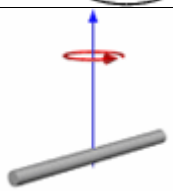
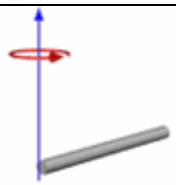
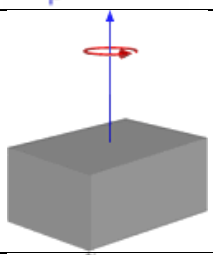
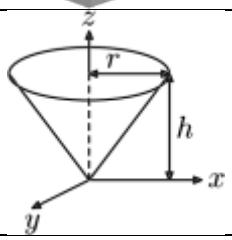
- B ve C'nin her ikisi de dönme ekseni üzerinde olduklarından değerleri sıfırdır.

$I = \sum m\, r^2 = 30 \times 4^2 = 480\ g\ cm^2$

Cisim bu şekilde ayrı kütlelerden meydana gelmiyorsa yani cisim zerrelerin kesiksiz bir dağılımından meydana geliyorsa eylemsizlik momenti, matematikte "integral" diye bilinen sonsuz küçüklerin toplamı ile bulunur. Fakat bu konuya girilmeyecektir.

Tablo 1.1, integral ile bulunmuş geometrik cisimlerin eylemsizlik momentlerini göstermektedir.

| **Tanım** | **Şekil** | **Eylemsizlik Momenti** |
|---|---|---|
| m kütkeli,<br>r yarıçaplı,<br>dolu silindir |  | $I = \frac{mr^2}{2}$ |
| m kütleli,<br>$r_2$ dış yarıçaplı,<br>$r_1$ iç yarıçaplı,<br>içi boş silindir |  | $I = \frac{mr_1^2 + mr_2^2}{2}$ |
| m kütleli,<br>r yarıçaplı<br>kabuk |  | $I = mr^2$ |

| | | |
|---|---|---|
| m kütleli,<br>r yarıçaplı,<br>dolu küre |  | $I = \frac{2}{5} mr^2$ |
| L uzunluğunda,<br>m kütlesinde,<br>merkezi etrafında<br>dönen çubuk |  | $I_{merkez} = \frac{mL^2}{12}$ |
| L uzunluğunda,<br>m kütlesinde,<br>uç noktası etrafında<br>dönen çubuk |  | $I_{uç} = \frac{mL^2}{3}$ |
| h yüksekliğinde,<br>w genişliğinde,<br>d uzunluğunda<br>dikdörtgen prizma |  | $I_h = \frac{1}{12} m(w^2 + d^2)$<br>$I_w = \frac{1}{12} m(h^2 + d^2)$<br>$I_d = \frac{1}{12} m(h^2 + w^2)$ |
| r yarıçapında,<br>h yüksekliğinde<br>koni |  | $I_z = \frac{3}{10} mr^2$<br>$I_x = I_y = \frac{3}{5} m(\frac{r^2}{4} + h^2)$ |

**Tablo 1.1: Eylemsizlik momentleri**

Ya dönme merkezi geometrik şekillerin ekseninden geçmezse! Hesaplamalar neye göre yapılacak? Bunun için Steiner teoremi tanımlanmıştır.

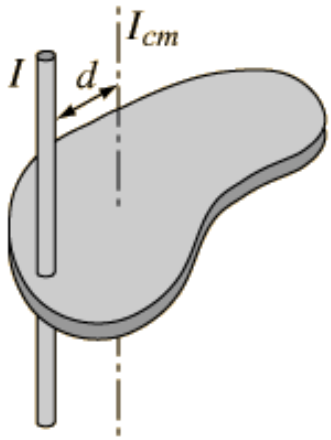
## 1.2. Paralel Eksenler (Steiner) Teoremi

Cismin kütle merkezinden geçen eksene göre eylemsizlik momenti biliniyorsa herhangi bir eksene göre eylemsizlik momenti bulunabilir. İlk defa İsviçreli matematikçi Jakob Steiner (1796 - 1863) tarafından ifade edilen bu teorem, kütle merkezinden geçen düzleme paralel tüm dönme eksenlerine göre cismin atalet momenti bulunabilir. Buna göre Steiner teoremi

$I = I_G + md^2$

Burada

$I_G$=kütle merkezine göre eylemsizlik momenti
m= cismin toplam kütlesi
d = dönme ekseninin merkez ekseninden olan uzaklığı




**Şekil 1.4: Paralel eksenler teoremi**

Tablo 1.2, uzunluk, kütle, kuvvet; Tablo 1.3, tork; Tablo 1.4, atalet momentinin metrik ve İngiliz sistemlerindeki birimlerini göstermektedir.

| | BİRİM | | KATSAYI | | (METRİK SI) | AÇIKLAMA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UZUNLUK | 1 inch | = | 2.54 cm | = | $2.54 \times 10^{-2}$m | |
| KUVVET | 1 oz | = | | = | 278 mN | miliNewton |
| | 1 lb | = | 4.45 N | = | 4,450 mN | |
| KÜTLE | 1 lb | = | | = | 454 g | |
| | 1 oz | = | | = | 28.4 g | |
| | 1 kg | = | | = | 1,000 g | |
| | 1 slug | = | 14.6 kg | = | 14,600 g | |

**Tablo 1.2: Uzunluk, kütle, kuvvet birim sistemleri**

| **lb-ft** x | **lb-in** x | **oz-in** x | **dyne-cm** x | **N-m** x | **N-cm** x | **Kg-m** x | **gr-cm** x | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.08333 | 0.005208 | $7.376 \times 10^{-8}$ | 0.7376 | 0.007376 | 7.233 | $7.233 \times 10^{-5}$ | = lb-ft |
| 12 | 1 | 0.0625 | $8.851 \times 10^{-7}$ | 8.8509 | 0.08851 | 86.796 | 0.000868 | = lb-in |
| 192 | 16 | 1 | $1.416 \times 10^{-5}$ | 141.61 | 1.4161 | 1,389 | 0.01389 | = oz-in |
| $1.356 \times 10^{7}$ | $1.1298 \times 10^{6}$ | 70,620 | 1 | $10^{7}$ | $10^{5}$ | $9.8067 \times 10^{7}$ | 980.67 | = dyne-cm |
| 1.356 | 0.113 | 0.007062 | $10^{-7}$ | 1 | 0.01 | 9.8066 | $9.8 \times 10^{-5}$ | = N-m |
| 135.6 | 11.3 | 0.7062 | $10^{-5}$ | 100 | 1 | 980.66 | 0.098 | = N-cm |
| 0.1383 | 0.01152 | $7.201 \times 10^{-4}$ | $1.0197 \times 10^{-8}$ | 0.10197 | 0.001097 | 1 | 0.00001 | = kg-m |
| 13,830 | 1,152 | 72.01 | $1.0197 \times 10^{-3}$ | 11,019.7 | 101.97 | 100,000 | 1 | = gr-cm |

**Tablo 1.3: Tork birim sistemleri**

| lb-ft$^2$ x | lb-in$^2$ x | lb-ft-sec$^2$ x | lb-ft-sec$^2$ x | oz-in$^2$ x | oz-in-sec$^2$ x | Kg-m$^2$ x | Kg-m-sec$^2$ x | gr-cm$^2$ x | gr-cm-sec$^2$ x | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.006944 | 32.17 | 2.681 | 0.000434 | 0.1676 | 23.73 | 232.7 | $2.73x10^{-6}$ | 0.002327 | = lb-ft$^2$ |
| 144 | 1 | 4,633 | 386.1 | 0.0625 | 24.13 | 3,417 | 33,510 | $3.417x10^{-4}$ | 0.3351 | = lb-in$^2$ |
| 0.03108 | 0.000215 | 1 | 0.0833 | $1.349x10^{-5}$ | 0.0052 | 0.7376 | 7.233 | $7.376x10^{-8}$ | $7.233x10^{-5}$ | = lb-ft-sec$^2$ |
| 0.373 | 0.00259 | 12 | 1 | 0.0001619 | 0.0625 | 8.851 | 86.8 | $8.851x10^{-7}$ | 0.000868 | = lb-in-sec$^2$ |
| 2,304 | 16 | 74,130 | 6,177 | 1 | 386.1 | 54,670 | 536,200 | 0.005467 | 5.362 | = oz-in$^2$ |
| 5.968 | 0.0414 | 192 | 16 | 0.00259 | 1 | 141.6 | 1,389 | $1.416x10^{-5}$ | 0.01389 | = oz-in-sec$^2$ |
| 0.04214 | 0.00026 | 1.356 | 0.113 | $1.82x10^{-5}$ | 0.007 | 1 | 9.807 | $10^{-7}$ | $9.807x10^{-5}$ | = kg-m$^2$ |
| 0.00429 | $2.984x10^{-5}$ | 0.1383 | 0.01152 | $1.865x10^{-6}$ | 0.0007201 | 0.102 | 1 | $1.02x10^{-8}$ | $10^{-5}$ | = kg-m-sec$^2$ |
| 421,400 | 2,926 | 1.356 | 1,130,00 | 182.9 | 70,620 | $10^7$ | $9.807x10^7$ | 1 | 9.807 | = gr-cm$^2$ |
| 429.7 | 2.984 | $1.38x10^{-4}$ | 1,152 | 0.1865 | 72.01 | 10,200 | 100,000 | 0.00102 | 1 | = gr-cm-sec$^2$ |

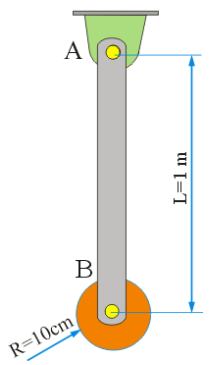
**Tablo 1.4: Atalet momenti birim sistemleri**

Örneğin 10 kg-m değerindeki torku "oz-in" birimine dönüştürmek için (1,389) dönüştürme faktörünü (10 kg-m) ile çarpmak gerekir.

| kg-m x | g-cm x | |
|---|---|---|
| 7.233 | **$7.233x10^{-5}$** | = lb-ft |
| 86.796 | 0.0000868 | = lb-in |
| 1,389 | 0.01389 | = oz-in |

**Örnek:**

Her biri 50N ağırlığında olan bir çubuk ve disk, şekilde görüldüğü gibi tavana A noktasından asılmıştır. A noktasından geçen eksene göre sistemin eylemsizlik momentini bulunuz.




**Çözüm:** Tablo 1.1'de dönme ekseni çubuğun merkezinden geçen eksene göre eylemsizlik momenti:

$$I_G = \frac{mL^2}{12}$$

Paralel eksen teoremi kullanılarak,

$I = I_G + md^2$

$$I = \frac{mL^2}{12} + md^2 = \frac{1}{12}\left(\frac{50}{9.81}\right)(1m)^2 + \left(\frac{50}{9.81}\right)(0.5m)^2$$

$I = 1.7\ kg\ m^2$

Aynı değer Tablo 1.1'de de görülen çubuğun ucundan geçen eksene göre de bulunabilirdi.

Disk için;

$$I_{disk} = \frac{mr^2}{2} + md^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{50}{9.81}\right)(0.1m)^2 + \left(\frac{50}{9.81}\right)(1m)^2$$

$I_{disk} = 5.12\ kg\ m^2$

Buna göre A noktasına göre toplam moment;

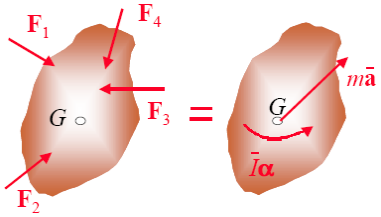
$I = 1.7 + 5{,}12 = 6{,}82\ kg\ m^2$

## 1.3. Öteleme Hareketinde Kuvvetler

Doğrusal öteleme yapan cisimler, cismin tüm zerreleri paralel doğrular boyunca hareket eder. Newton'un F=ma formülüne göre hareket eder.

Dönme olmadığından $M = I\alpha = 0$'dır. Buna göre bu harekete uyan hareket denklemleri;

$$\sum F_x = m(a_x)$$
$$\sum F_y = m(a_y)$$
$$\sum M_G = 0$$




**Şekil 1.5: Doğrusal öteleme hareketi**

Son denkleme göre tüm dış kuvvetlerin ağırlık merkezine göre momentlerininin sıfır olması gerekir.

Eğrisel ötelemede ise tüm zerreler eğrisel yörüngelerde hareket eder. Hareketin üç skaler denklemi,

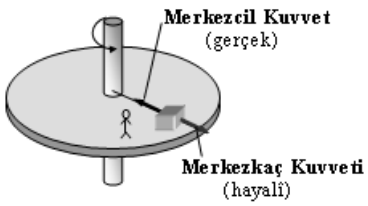
$$\sum F_n = m(a_n)$$
$$\sum F_t = m(a_t)$$
$$\sum M_G = 0$$

Burada
$F_n$ :eğri merkezine yönlenmiş normal kuvvet
$F_t$ : teğetsel kuvvet
$a_n$ : normal ivme
$a_t$ : teğetsel ivme

Normal ve açısal ivmenin ifadeleri yerlerine konursa kuvvet ifadeleri;

$$\sum F_n = mr\omega^2$$
$$\sum F_t = mr\alpha$$

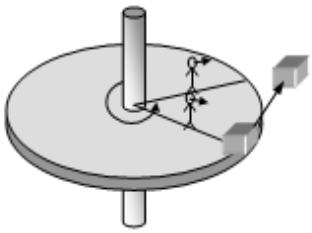
olur. $F_n$ kuvvetine aynı zamanda merkezcil kuvvet de denilmektedir. Bunu biraz açalım. Dairesel harekette cisimlerin yön değişikliğini sağlayan ivmeye, normal ya da merkezcil ivme denir. Bu ivmeyi de merkezcil kuvvet doğurmaktadır.




**Şekil 1.6: Merkezkaç kuvveti**

Hareketli disk üzerindeki kişi dairesel hareketten dolayı cismi dışarıya doğru çekiliyormuş gibi görür. Çünkü cismin gerçekte disk üzerinde kalabilmesi için merkezcil kuvvete ihtiyacı vardır. Bu yüzden hayali olan ve merkezcil kuvvetle aynı büyüklüğe sahip fakat farklı yöndeki bu kuvvete merkezkaç kuvveti denir.

Şekil 1.7'de, merkezkaç kuvveti düşüncesinin oluşma nedeni görülmektedir. Burada merkezcil kuvvet olmadığında kişi cismi merkezkaç kuvvetinden dolayı dışarıya doğru savruluyormuş gibi görmektedir. Gerçekte cisim atalet (hareket) yasalarına göre hareket etmektedir.



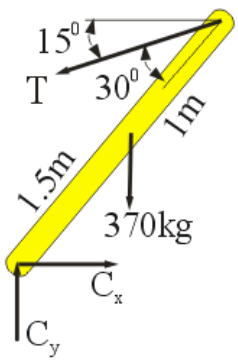
**Şekil 1.7: Cismin merkezcil kuvvetsiz hareketi**

**Örnek:**

Şekilde görülen oto taşıyıcı aracında, hareketli kapağın ağırlığı 370 kg'dır. Kapağın kütle merkezi G'dedir ve bir halat yardımıyla C'deki menteşe ile desteklenmektedir.

- Araç 5 m/sn$^2$'lik bir ivme ile hızlandığında kablodaki gerilme kuvvetini,
- C menteşesindeki tepki kuvvetlerini bulunuz.

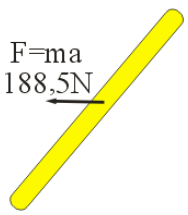
**Çözüm:** Cismin serbest cisim diyagramını çizelim.




- Araç 5 m/sn2 ivme ile hızlandığına göre kapakta

F=ma

F= ( 370/9,81 ) 5 m/sn$^2$ = 188,5 N'luk bir kuvvet meydana gelir.




C menteşesine göre moment alalım.

$$\sum M_C = 0$$

$$T\sin 30^0(2.5m) - 370(1.5\cos 45^0) = 188,5(1,5\sin 45^0)$$

$$T = 473,8N$$

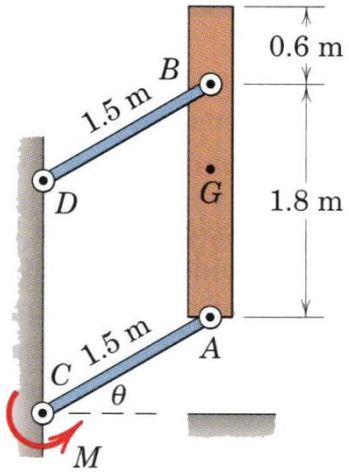
➢ Tepki kuvvetlerinin x ve y bileşenlerini bulalım.

$$\sum F_x = ma_x$$
$$-C_x + 473,8\cos 15^0 = 188,5$$
$$C_x = 269,15N$$

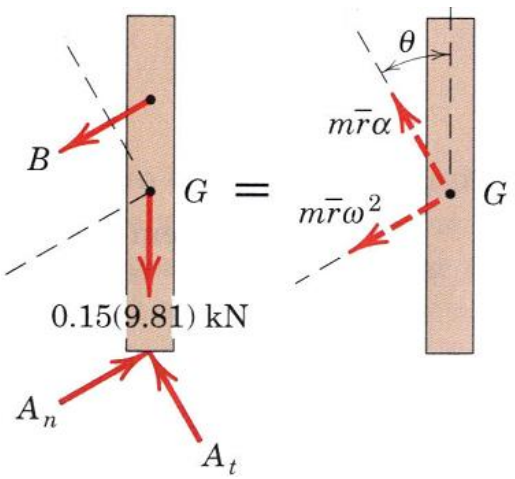
$$\sum F_y = ma_y$$
$$C_y - 370 - 473.8\sin 15^0 = 0$$
$$C_x = 492,6N$$

**Örnek:**

G ağrılık merkezli AB dikey çubuğunun kütlesi 150 kg'dır. Çubuk θ=0 anında, paralel çubuklar vasıtasıyla C noktasına uygulanan M=5 kN.m'lik bir momentle harekete başlıyor. $\theta=30^0$ anında DB uzvundaki B kuvvetini ve çubukların α açısal ivmesini bulunuz.




**Çözüm:** Çubuğun kendisi menteşeler etrafında dönmediği için hareketi eğrisel bir ötelemedir. Çubuğun serbest cisim ve kinetik diyagramını çizelim. Kinetik diyagramda ma bileşke kuvveti, bileşenlerine ayrılmıştır.




A noktasındaki $A_t$ teğetsel kuvveti $A_t$= M / AC = 5/1,5=3,33kN bulunur. B deki kuvvet uzuv boyuncadır.

$$\sum F_t = ma_t$$

Burada $a_t = \overline{AC}\,\alpha$ =(1,5mα)'dır.

$$3.33 - 0.15(9.81)\cos\theta = 0{,}15(1.5\alpha)$$
$$\alpha = 14{,}81 - 6{,}54\cos\theta \text{ rad/sn}^2$$

$\theta=30^0$ için

$\alpha = 9{,}14$ rad/sn$^2$ bulunur.

Teğetsel ve merkezcil kuvvetleri bulabilmek için açısal hız değerini bulmak gerekir. Zamansız açısal hız denklemini yazalım.

$$\omega^2 = \omega^2_0 + 2\alpha\theta$$
$$\omega^2 = 0 + 2 \text{ x } 9{,}14 \text{ x } (\frac{30x3{,}14}{180})$$
$$\omega^2 = 9.15 \text{ rad/sn}^2$$
$$\omega = 3.02 \text{ rad/sn}^2$$

Böylece

$$F_t = mr\alpha = 0.15(1.5)(9.15) = 2.058 \text{kN}$$
$$F_n = mr\omega^2 = 0.15(1.5)(9.14) = 2.056 \text{ kN}$$

B kuvveti A noktasına göre moment alınarak elde edilebilir. Bu noktaya göre moment alındığında $A_t$ , $A_n$ ve ağırlık elenir.

$$\sum M_A = mad$$

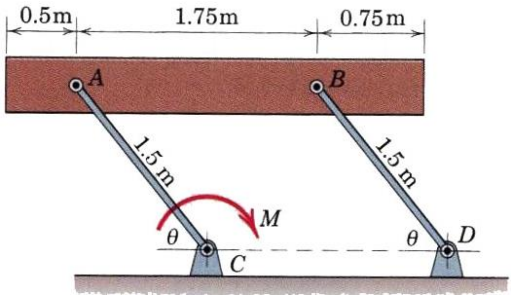
$$1.8\cos 30^0 (B) = 2.056(0.9m)\cos 30^0 + 2.058(0.9m)\sin 30^0$$

$$B = \frac{2,584}{1.8\cos 30^0}$$

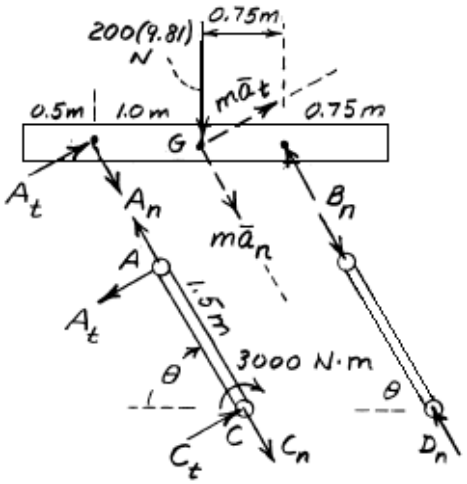
$$B = 1.657 \text{ kN}$$

**Örnek:**

200 kg ağırlığındaki bir çubuk paralel çubuklarla C noktasına M=3 kN.m'luk bir momentle dikey olarak yükseltilmektedir. Çubuk ağırlıkları ihmal edilerek çubuklar θ=0 anında hareket ettirilirse $\theta=60^0$ anında A pimindeki kuvveti bulunuz.




**Çözüm:** Serbest cisim ve kinetik diyagramı çizelim.




CA çubuğu için;

$$\sum M_C = 0$$

$$1.5A_t - 3000 = 0$$
$$A_t = 2000N$$

AB çubuğu için

$$\sum F_t = ma_t$$
$$2000 - 200(9.81)\cos\theta = 200a_t$$
$$a_t = 10 - 9.81\cos\theta$$

$\theta=60^0$ için

$$a_t = 5.095 \text{ rad/sn}^2$$

Zamansız hız denklemi

$$v^2 = {v_0}^2 + 2a_t s$$
$$v^2 = {v_0}^2 + 2a_t (r\theta)$$

$$v^2 = 0 + 2(5.095)(1.5)(\frac{\pi}{3})$$
$$v = 3,96 \text{ m/s}$$

$$ma_n = m\frac{v^2}{r}$$
$$ma_n = 200(15,68)/1.5 = 2090N$$

$$ma_t = 200(5.095) = 1019N$$

$$\sum M_G = 0 \quad ; \; 2000(1.0)\cos 60^0 - A_n(1.0)\sin 60^0 - B_n(0.75)\sin 60^0 = 0$$
$$\sum F_n = ma_n \quad ; \; 200(9.81)\sin 60^0 + A_n - B_n = 2090$$

Bu iki denklemden

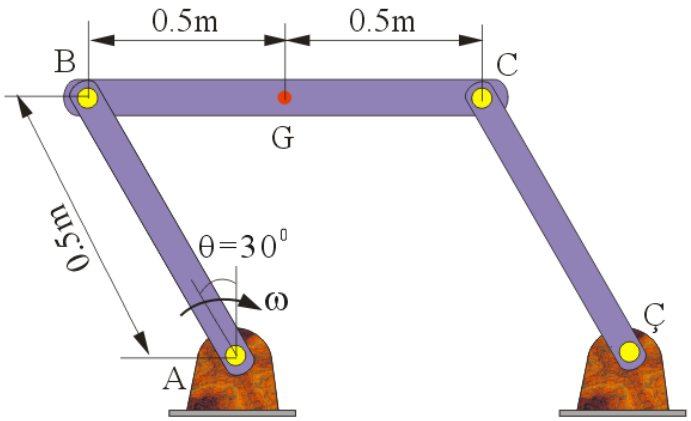
$A_n$=713 N ve $B_n$=3065 N

$$A = \sqrt{(713)^2 + (2000)^2}$$

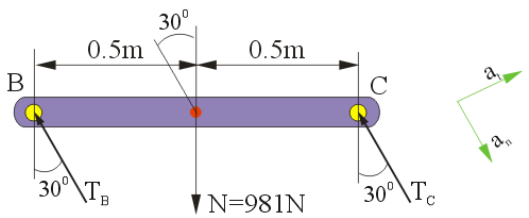
$$A = 2123N$$

**Örnek:**

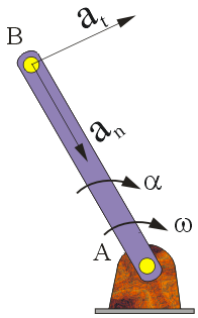
Kütlesi ihmal edilen iki çubukla desteklenen 981 N ağırlığında BC kirişi $\theta=30^0$ olduğu anda $\omega$=4 rad/sn'lik bir açısal hızla dönmektedir. Bu anda her iki destek çubuğundaki kuvvetleri bulunuz.




**Çözüm:** AB ve CÇ çubukları yarıçapı 0.5m'lik yarıçaplı bir daire üzerinde eğrisel öteleme yapmaktadır. Ötelenen BC kirişinin serbest cisim diyagramını çizelim.




AB çubuğunda teğetsel ve merkezcil ivmeyi gösterelim.




AB kirişinin açısal hızı 4 rad/sn olduğundan

$$a_n = \omega^2 r = (4rad/sn)^2 (0.5m) = 8\,\text{m/sn}^2$$

Şimdi $T_B$, $T_C$ ve $a_t$ değerlerini bulmak için hareket denklemlerini yazalım.

$$\sum F_n = ma_n; \quad T_B + T_C - 981\cos 30^0 = \left(\frac{981}{9.81}\right)8m/sn^2$$

$$\sum F_t = ma_t; \quad 981\sin 30^0 = (100kg)a_t$$

$$\sum M_G = 0; \qquad -(T_B \cos 30^0)(0.5m) + (T_C \cos 30^0)(0.5m) = 0 \rightarrow T_B = T_C$$

Bu üç denklemin çözümünden

$T_B$=$T_C$ = 1649 N
$a_t$ = 4.90 m/sn$^2$

bulunur.

## 1.4. Sabit Eksen Etrafında Dönmede Kuvvetler

Cisim üzerine etkiyen çeşitli yöndeki kuvetler, açısal ivmeye neden olmaktadır. Cisim üzerindeki tüm zerreler, dönme ekseni etrafında çemberler çizer. Hareketi betimleyen denklem takımları:

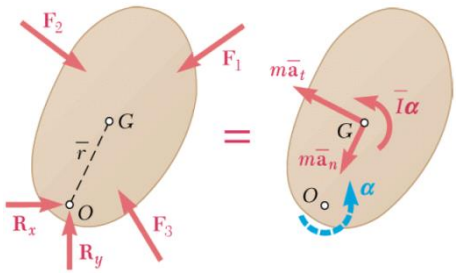
$$\sum F_n = m(a_n)$$
$$\sum F_t = m(a_t)$$
$$\sum M_G = I\alpha$$

Burada

$F_n$ :eğri merkezine yönlenmiş normal kuvvet
$F_t$ : teğetsel kuvvet
$a_n$ : normal ivme
$a_t$ : teğetsel ivme
I : Eylemsizlik momenti
$\alpha$ : Açısal ivme

Normal ve açısal ivmenin ifadeleri yerlerine konursa, kuvvet ifadeleri;

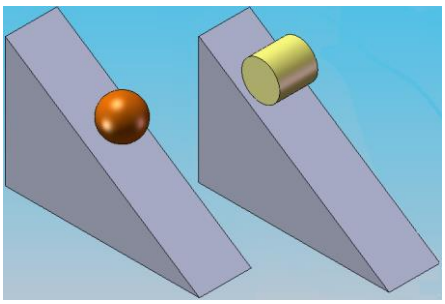
$$\sum F_n = mr\omega^2$$
$$\sum F_t = mr\alpha$$



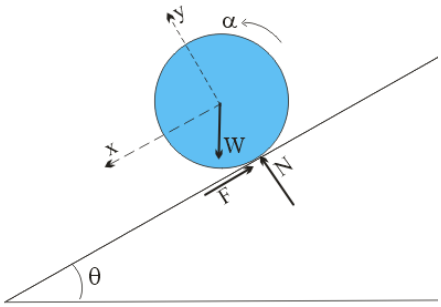

**Şekil 1.8: Dönme hareketi**

**Örnek:**

Aynı yarıçaplı bir küre ile bir silindir, eğik bir düzlemin tepesinden aşağı doğru ilk hızsız aynı anda bırakılıyor. Hangisi aşağıya daha önce iner?



**Çözüm:** Şekilde görülen serbest cisim diyagramı her iki cisim için de geçerlidir. Hareket denklemleri tabloda verilmiştir. Tablo1.1'den yararlanarak kürenin eylemsizlik momenti $\frac{2}{5}mr^2$, silinidirin eylemsizlik momenti $\frac{1}{2}mr^2$ bulunur.



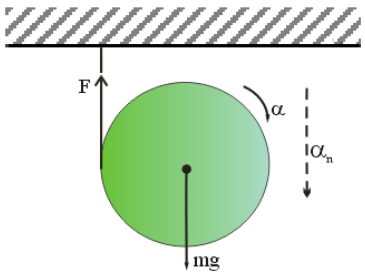

| | Küre | Silindir |
|---|---|---|
| **1** | $\sum F_x = W\sin\theta - F = \left(\frac{W}{g}\right)a_x$ | $\sum F_x = W\sin\theta - F = \left(\frac{W}{g}\right)a_x$ |
| **2** | $\sum F_y = N - W\cos\theta = 0$ | $\sum F_y = N - W\cos\theta = 0$ |
| **3** | $\sum M = Fr = \frac{2}{5}\left(\frac{W}{g}\right)r^2\alpha$ | $\sum M = Fr = \frac{1}{2}\left(\frac{W}{g}\right)r^2\alpha$ |

| | | |
|---|---|---|
| **4** | (3) denkleminde $a_x = \alpha\ r$ koyarsak<br>$\sum M = Fr = \frac{2}{5}\left(\frac{W}{g}\right) r^2 \frac{a_x}{r}$<br>$F = \frac{2}{5}\left(\frac{W}{g}\right) a_x$ elde edilir. | (3) denkleminde $a_x = \alpha\ r$ koyarsak<br>$\sum M = Fr = \frac{1}{2}\left(\frac{W}{g}\right) r^2 \frac{a_x}{r}$<br>$F = \frac{1}{2}\left(\frac{W}{g}\right) a_x$ elde edilir. |
| **5** | (4) denklemi (1) nolu denklemde yerine konursa<br>$a_x = \frac{5}{7} g \sin\theta$ | (4) denklemi (1) nolu denklemde yerine konursa<br>$a_x = \frac{2}{3} g \sin\theta$ |

Buna göre küre, daha büyük ivmeye sahip olduğundan ($\frac{5}{7} > \frac{2}{3}$) ya da daha küçük kütlesel atalet momentine sahip olduğundan ($\frac{2}{5} < \frac{1}{2}$) dibe daha önce varacaktır.

**Örnek:**

100 mm çaplı bir silindirin çevresine bir ip sarılarak bir ucu tavana asılmıştır. Diğer ucu serbest bırakılarak silindirin düşmesine izin verilmiştir. Hareketi analiz edin.




**Çözüm:** **A**naliz için iki denklem gereklidir. Biri aşağı önü pozitif kabul eden dikey kuvvetlerin toplamı, diğeri saat yönünü pozitif kabul eden kütle merkezine göre momentlerin toplamı.

$$\sum F_n = mg - F = ma_n \qquad (1)$$

$$\sum M = Fr = I\alpha \qquad (2)$$

Burada F, ipteki gerilme kuvvetidir. Tablo 1.1'den silindirin eylemsizlik momenti $I = \frac{1}{2} mr^2$ bulunur. Yarıçap r=0.05m'dir. Açısal ivme;

$$a_n = \alpha r \rightarrow \alpha = \frac{a_n}{r}$$

$\alpha = \frac{a_n}{0.05} = 20a_n$ bulunur.

Verilenleri (2) nolu denklemde yerine koyarsak

$$0.05F = \frac{1}{2}m(0.05)^2(20a_n) \rightarrow F = \frac{1}{2}ma_n$$

F'nin bu değerini (1) nolu denklemde yerine koyarsak

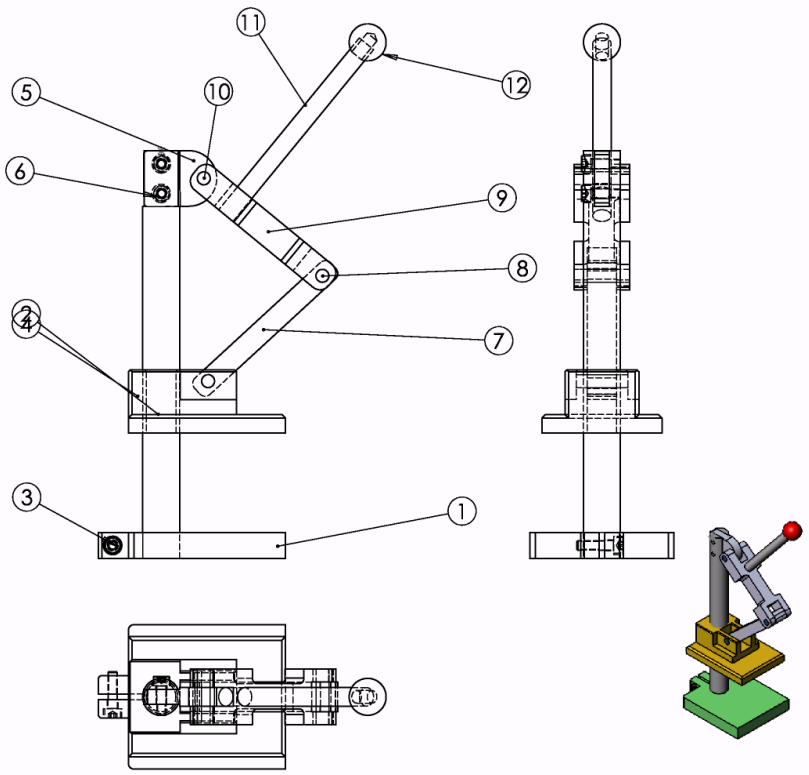
$a_n = \frac{2g}{3} = 6.53\,\text{m/sn}^2$ elde edilir.

Çocukların ve bazı gençlerin oynadığı yo-yo oyuncağı bu prensibe göre çalışır. $a_n$ ivmesinin g yerçekimi ivmesinden mümkün olduğu kadar küçük olacak şekilde tasarlanır. Bunun için de F kuvvetinin daha küçük bir yarıçapa etkimesi için silindirin ip geçen yüzeyi oyulur.

**Şekil 1.9: Yo-yo oyuncağı**

# UYGULAMA FAALİYETİ

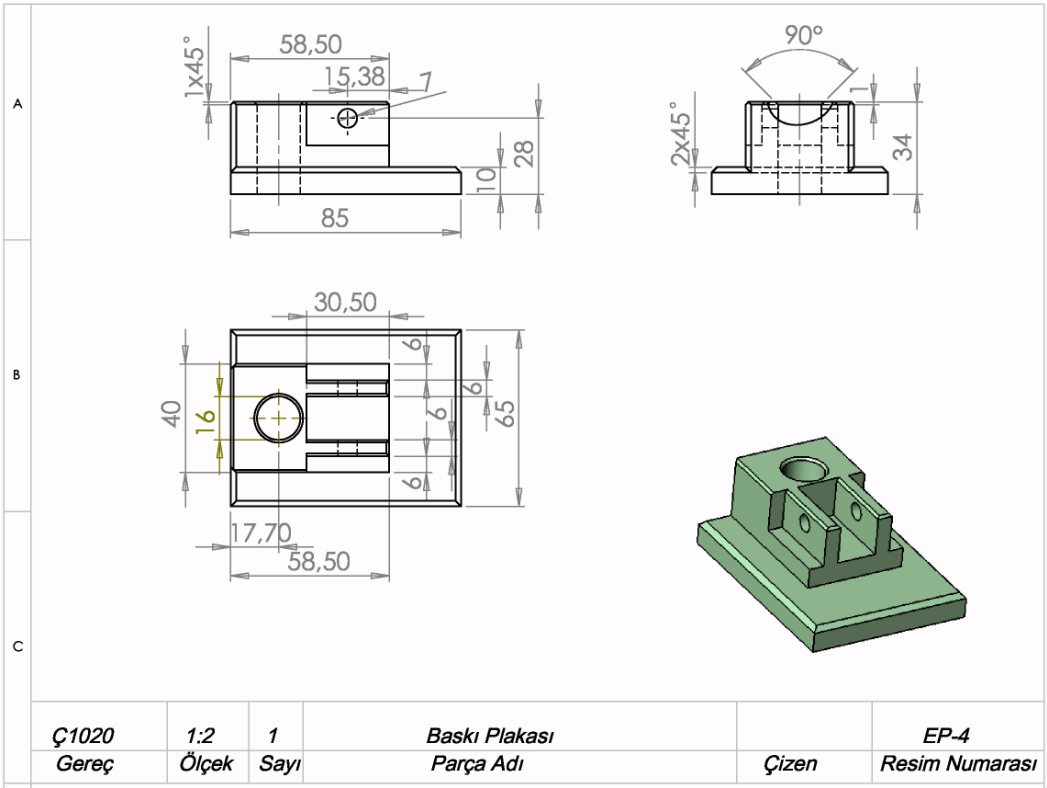
Aşağıda komple ve detay resimleri verilen pres mekanizmasını imal ediniz. Kola uygulanan kuvvete göre çeneler arasındaki kuvveti hesap ediniz. Bu uygulama faaliyeti için grup çalışması önerilir. Parçalar, antette verilen sıraya göre işlenmesi önerilir.



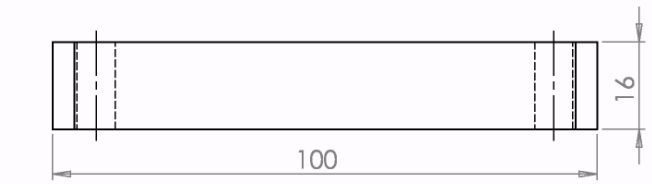

| 13 | Toplam Parça Sayısı | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Topuz | EP-12 | 12 | Ç1020 | |
| 1 | Kol | EP-11 | 11 | Ç1020 | |
| 1 | Pim 7x30 | EP-10 | 10 | Ç1020 | |
| 1 | Üst Manivela | EP-9 | 9 | Ç1020 | |
| 1 | Pim 7x28 | EP-8 | 8 | Ç1020 | |
| 1 | Alt Manivela | EP-7 | 7 | Ç1020 | |
| 2 | Havşa Başlı Imbus Civata M5x16 | ISO 10642 | 6 | Hazır | |
| 1 | Kulak | EP-5 | 5 | Ç1020 | |
| 1 | Baskı Plakası | EP-4 | 4 | Ç1020 | |
| 1 | Havşa Başlı Imbus Civata M5x20 | ISO 10642 | 3 | Hazır | |
| 1 | Kaide | EP-2 | 2 | Ç1020 | |
| 1 | Taban | EP - 1 | 1 | Ç1020 | |
| Sayı | Parça Adı | Resim No Standart No | Parça No | Gereç | Açıklamalar |

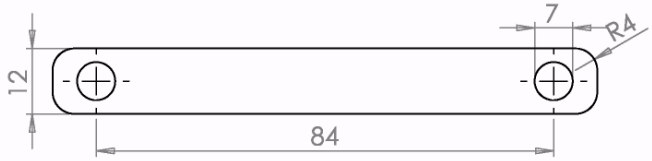
| | Tarih | Adı | İmza | Sayı | |
|---|---|---|---|---|---|
| Çizen | | | | | MAZHAR ZORLU ANADOLU TEKNİK ve PLASTİK ENDÜSTRİ MESLEK LİSESİ |
| Kontrol | | Murat ÖZDEVECİ | | | |
| Stan.Kont. | | | | | |

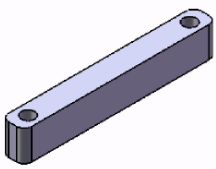
| Ölçek | | Resim Numarası |
|---|---|---|
| 1:2.5 | EL PRESİ | EP |



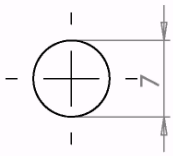

| Çizen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Çizen | | | | | |
| Çizen | | | | | |
| Çizen | | | | | |

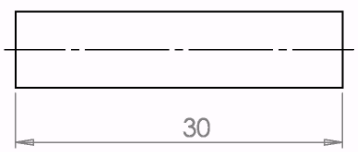


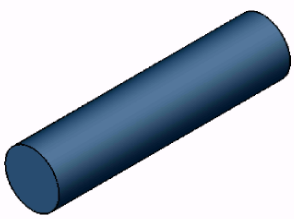



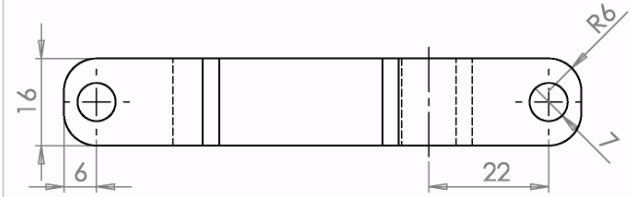
| Ç1020 | 1:1 | 1 | Alt Manivela | | EP-7 |
|---|---|---|---|---|---|
| Gereç | Ölçek | Sayı | Parça Adı | Çizen | Resim Numarası |

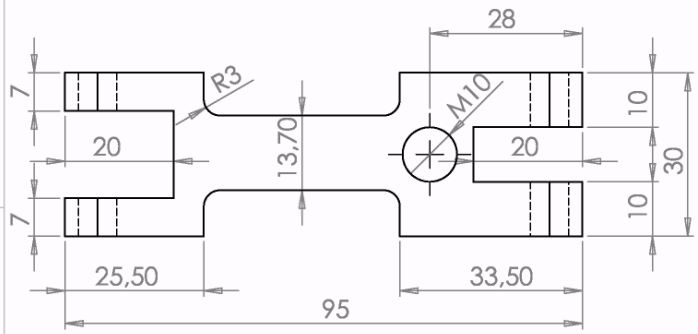


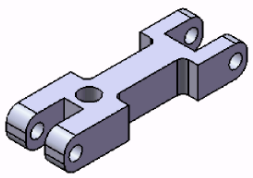



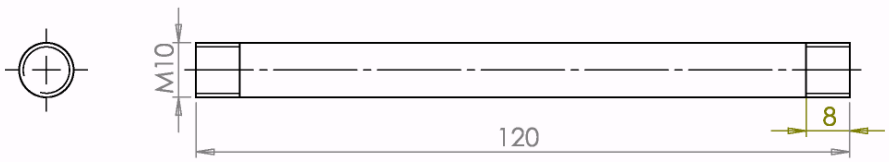
| Pim 7x30 | 2:1 | 1 | Pim 7x30 | | EP-10 |
|---|---|---|---|---|---|
| Gereç | Ölçek | Sayı | Parça Adı | Çizen | Resim Numarası |

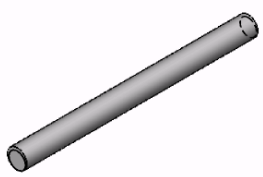


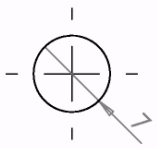



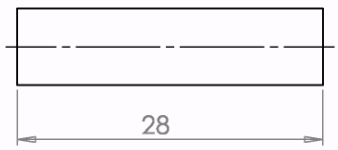
| Ç1020 | 1:1 | 1 | Üst Manivela | | EP-9 |
|---|---|---|---|---|---|
| Gereç | Ölçek | Sayı | Parça Adı | Çizen | Resim Numarası |

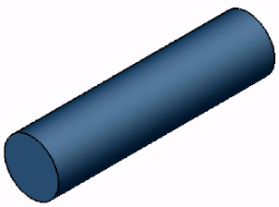


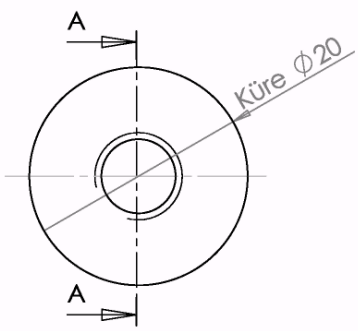
| Ç1020 | 1:1 | 1 | Kol | | EP-11 |
|---|---|---|---|---|---|
| Gereç | Ölçek | Sayı | Parça Adı | Çizen | Resim Numarası |

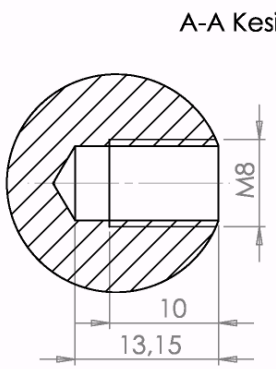


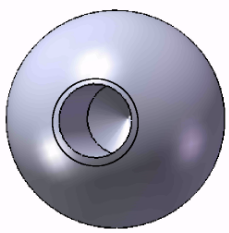



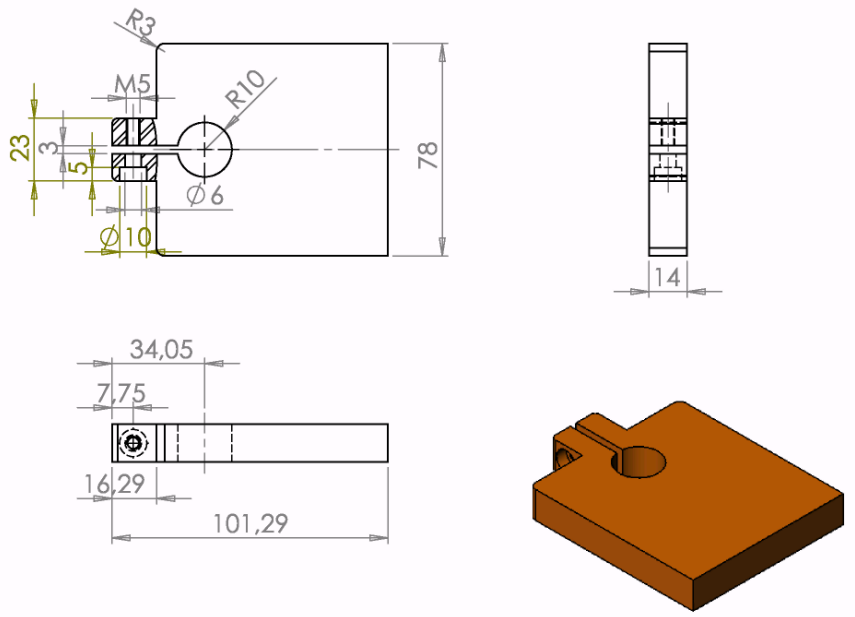



| Çizen | Resim Numarası |
|---|---|
| Çizen | EP-8 |
| Gereç | Parça Adı |
| Çizen | Resim Numarası |
| Çizen | EP-12 |

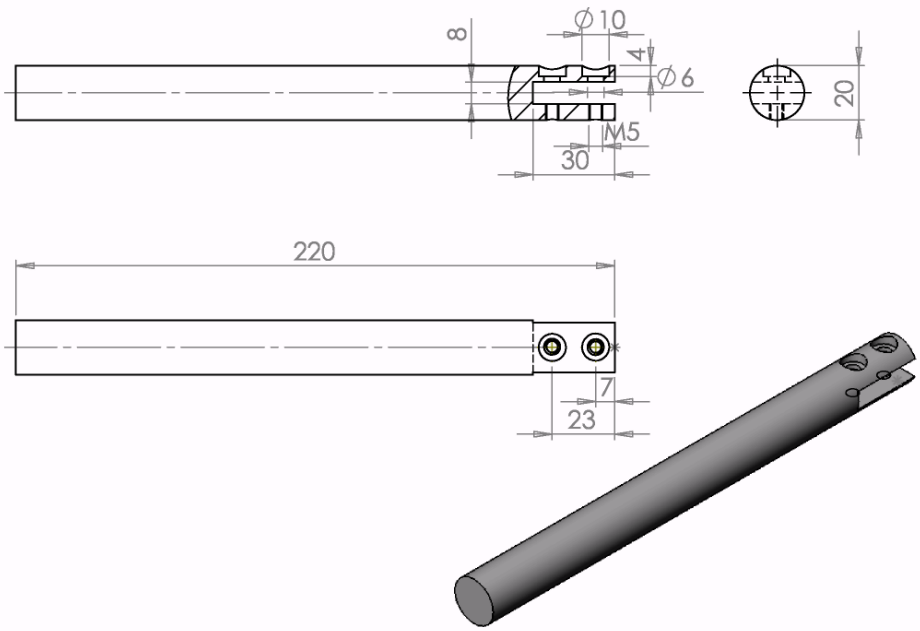





| Ç1020 | 1:2 | 1 | Taban | | EP - 1 |
|---|---|---|---|---|---|
| Gereç | Ölçek | Sayı | Parça Adı | Çizen | Resim Numarası |




| Ç1020 | 1:2 | 1 | Kaide | | EP-2 |
|---|---|---|---|---|---|
| Gereç | Ölçek | Sayı | Parça Adı | Çizen | Resim Numarası |

| İşlem Basamakları | Öneriler |
|---|---|
| • Bu mekanizmayı grup çalışması ile yapacağınız için öncelikle grupta kimin hangi işi yapacağına karar veriniz.<br>• İşlerin hangi tezgâhlarda yapılacağına karar veriniz.<br>• İşlerin yapılış öncelik sırasını belirleyiniz.<br>• İş parçalarının malzemelerini işleme paylarını vererek kesiniz.<br>• Grup üyeleri yapacağı iş parçasının işlem sıralarını belirlemeliler.<br>• İşlem sırasına göre kullanacağınız takımları ayarlayınız.<br>• Tezgâhlara uygulayacağınız devir sayılarını ve kesme hızlarını hesaplayınız.<br>• Torna kalemlerini eksende bağlayınız.<br>• Freze çakılarını sağlam bağlayınız.<br>• İş parçalarını sağlam bağlayınız. | • Kullanacağınız kesici takımların kesme açılarını kontrol ediniz.<br>• Birbiri ile çalışan parçaları işlerken mutlaka işleme öncelik sırasına dikkat ediniz. Aksi durumda bu parçalar birbiri ile çalışamazlar.<br>• İş parçalarını işlerken ölçü ve kontrol aletleri ile sık sık kontrol ediniz. |

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (**X**) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

| Değerlendirme Ölçütleri | EVET | HAYIR |
|---|---|---|
| Mekanizmada kuvvet analizini anlayabildiniz mi? | | |
| Kamların görevini ve işleyişini kavradınız mı? | | |
| Kam tasarımını anladınız mı? | | |
| Montajı düzgün gerçekleştirebildiniz mi? | | |
| Teknolojik kurallara uygun bir çalışma gerçekleştirdiniz mi? | | |
| Süreyi iyi kullandınız mı? | | |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme "ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

**Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.**

1. Dolu silindirin eylemsizlik momenti aşağıdakilerden hangisidir?

A) $I_{merkez} = \frac{mL^2}{12}$

B) $I_{uç} = \frac{mL^2}{3}$

C) $I = \frac{mr^2}{2}$

D) $I_z = \frac{3}{10} mr^2$

2. Merkezcil kuvvetin formülü aşağıdakilerden hangisidir?

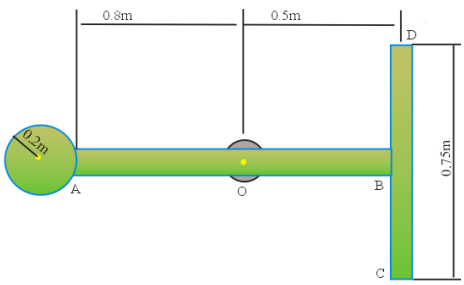
A) $F = mr\alpha$

B) $F = mr\omega^2$

C) $F = ma$

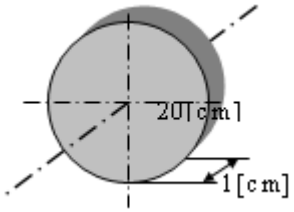
D) $F = m\frac{v^2}{r}$

3. Şekildeki sistem bir disk ve iki çubuktan meydana gelmektedir. Diskin kütlesi 6 kg ve çubukların yoğunluğu 2 kg/m'dır. Sistemin O'dan geçen ve sayfa düzlemine dik olan eksene göre kütlesel atalet momenti aşağıdakilerden hangisidir?



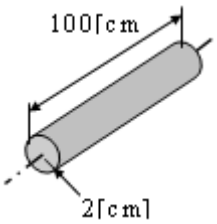

A) 7.99 kg.m$^2$
B) 8.99 kg.m$^2$
C) 5.99 kg.m$^2$
D) 6.99 kg.m$^2$

4. Şekilde görülen parçanın daire merkezine göre atalet momentini aşağıdakilerden hangisidir? (Alüminyum yoğunluk sabiti ρ=2.7[gf/cm]) çelik için(ρ=7.85 [gf/cm])dir.




A) 7.99 kg.m$^2$
B) 8.99 kg.m$^2$
C) 5.99 kg.m$^2$
D) 6.99 kg.m$^2$

5. Şekilde görülen parçanın daire merkezine göre atalet momenti aşağıdakilerden hangisidir? (Çelik yoğunluk sabiti ρ=7.85 [gf/cm])




A) 7.99 kg.m$^2$
B) 8.99 kg.m$^2$
C) 6.99 kg.m$^2$
D) 5.99 kg.m$^2$

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ- 2

## AMAÇ

Elektro-mekanizmanın temellerini doğru bir şekilde öğrenebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Elektronik oyuncakları inceleyerek, motorlar ile mekanik parçaların nasıl bir araya getirildiğini inceleyeniz.

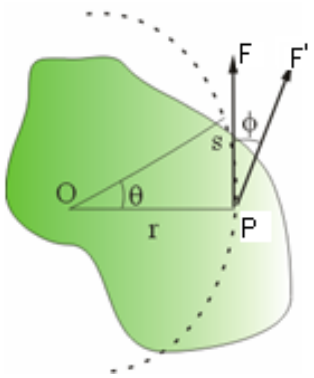
# 2.ELEKTROMEKANİZMA

Bu bölümde motor güçlerinin tayini ve DC motorla daha önce yapılan bir mekanizmanın nasıl birleştirileceği anlatılacaktır.

## 2.1. Dönüş Hareketinde İş ve Güç

Şekil 2.1'de O noktasından geçen ve kâğıt düzlemine dik bir eksen etrafında dönen bir cisim görülmektedir. Cisim üzerinde bulunan bir P noktasına herhangi bir doğrultuda F kuvveti etkimektedir. Bu cisim θ açısı kadar dönünce P noktası da yörünge üzerinde s kadar yol alır. Bu yolun;

$s = r\theta$



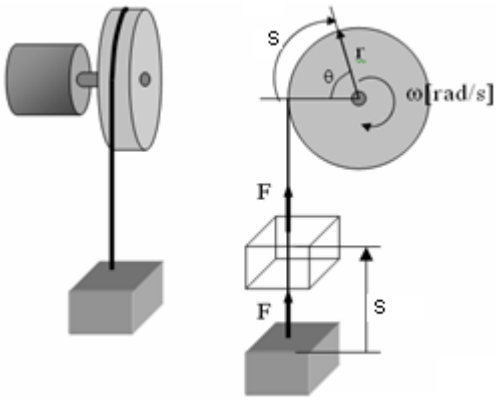

**Şekil 2.1: Kuvvetin döndürme tesiri**

olduğunu Mekanizma Yapımı modülünden hatırlayınız. İş tanımı gereği, kuvvet çarpı yol olduğundan;

$W = Fr\theta$

olur. Burada F r ifadesi momenttir.

Peki böyle bir cisme etkiyen kuvvete gerçek hayatta neyi örnek gösterebiliriz? Elektrik motoruna bağlı kasnağın bir yükü yukarı sabit bir açısal hızda kaldırması buna güzel bir örnektir.




**Şekil 2.2: Dönme hareketi ile yapılan iş**

Denklemde moment sembolü T'yi koyarsak

$$W = T\theta$$

elde edilir. Bu denklem bize dönme hareketinde işin moment x katedilen açı değeri olduğunu gösterir. İş yapma hızı manasına da gelen güç ise birim zamanda yapılan iş olduğuna göre

$$\frac{W}{t} = \frac{T\theta}{t}$$

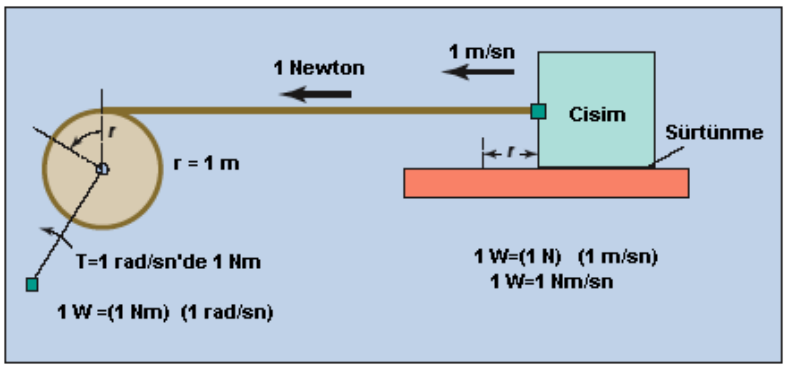
$$P=T\omega$$

elde edilir. Birim olarak konuşursak 1 m yarıçaplı bir cisme, 1 rad/sn'lik açısal hız kazandıran 1 Nm'lik bir torkun etkisi [(1 Nm)(1 rad/sn)=(1 Nm/sn)=1 W]'lık bir güç olacaktır.

Şekil 2.3'te böyle bir tanımla bir cismin yatay hareket ettirilmesi gereken gücün tanımı verilmiştir.

Buradan şunu çıkarabiliriz. Belirli zamanda sadece açısal hız ve tork gücü belirlemektedir. Eğer otomobil motorlarında olduğu gibi güç sabitse (Örneğin 110HP) torkun artması durumunda açısal hız düşecektir. Tersi de doğrudur. Dolayısıyla mekanizmalarda açısal hızla oynayarak tork artırılır ya da azaltılır.

Bu denklem öteleme hareketindeki P=Fv ifadesine benzemektedir.

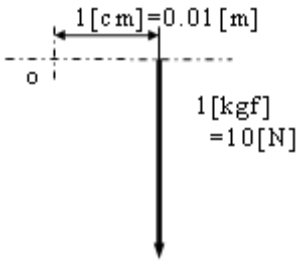



**Şekil 2.3: Dönemede mekanik gücün tanımı**

**Örnek:**

300[kgf cm] torku [Nm]cinsinden gösteriniz.

**Çözüm:** 1[kgfcm]lik tork aşağıdaki gibi çizilir.




Bu şekilden hareketle, esas değerimizi bozmadan bizden istenen birimdeki değeri bulabiliriz.

1[kgfcm] = 1[kgf]×1[cm]
=10[N]×0.01[m]
=0.1[Nm]

yerine koyalım.

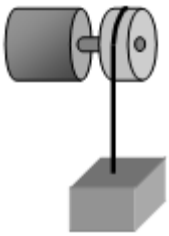
300[kgfcm] = 300×1[kgfcm]
=300×0.1[Nm]
=30[Nm]

**Örnek:**

Bir motor 6.28[rad/s]'lik açısal hızla dönmektedir. Bu anda ölçülen torkun değeri 0.5[Nm] bulunmuştur.

- Motorun gücünü bulunuz.

- (2) Motorun ucuna 40[cm] yarı çaplı bir kasnak bağlanıp, şekilde görüldüğü gibi bir yük çekildiğinde yükün ağırlığını, hızını bulunuz.



**Çözüm:**

- P = T ω=0.5[Nm] 6.28[rad/s]=3.14[W]

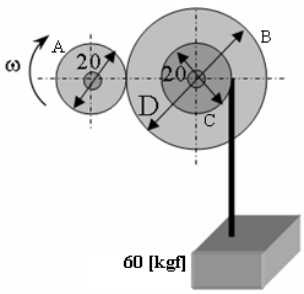
- Yükün ağırlığı Şekil 2.2'de de görüleceği üzere T momentinin F bileşenine eşittir.

$$T = F \text{ r} \rightarrow \text{F}=\frac{T}{r}=\frac{0.5[\text{Nm}]}{0.4m}=1.25N$$

Çizgisel hız: $v = \omega r$ = 6.28 [rad/sn] 0.4m=2,512 m/sn

**Örnek:**

10[Nm] değerinde tork ve 6.28[rad/s] değerinde açısal hız verebilen bir elektrik motoru şekilde görülen sistemde, küçük kasnağa bağlıdır. 60[kgf]'lık bir yük kaldırılmak istenirse B kasnağının çapını ve açısal hızını bulunuz.



**Çözüm:**

Yükün kaldırılması için gereken tork:
T= (60x9,81)[N] x 0.1[m] =58.86Nm

Elektrik motorunun verdiği güç:

$P=T\omega$

P=10[Nm] x 6.28[rad/sn]=62.8W

A kasnağına verilen bu güç, B kasnağına aktarılır. Yükün kaldırılması için bu kasnağa uygulanması gereken moment de 58,86Nm olduğuna göre B kasnağının açısal hızı:

$$P=T\omega_B \rightarrow \omega_B = \frac{P}{T}$$

$$\omega_B = \frac{62.8\text{W}}{58.86\text{Nm}} = 1.06[rad/sn]$$

İletim oranı formülünden

$$\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{r_B}{r_A} \rightarrow \frac{6.28}{1.06} = \frac{r_B}{0,1}$$

$$r_B = 0.59m \rightarrow d = 1.18[m]$$

## 2.2. Motor İle Yükün Sürülmesi

Yukarıdaki örneklerde motora bağlı sistemlerin eylemsizlik momentleri hesaba katılmadı. Ataleti tekrar hatırlatmak gerekirse cismin şekline bağlı olarak hareketindeki değişime karşı gösterdiği dirençtir. Yükün ataletine bağlı olarak motor gücü seçilmelidir. Çeşitli faktörler de yük ataletinin motora etkisini değiştirmektedir. Bunlar:

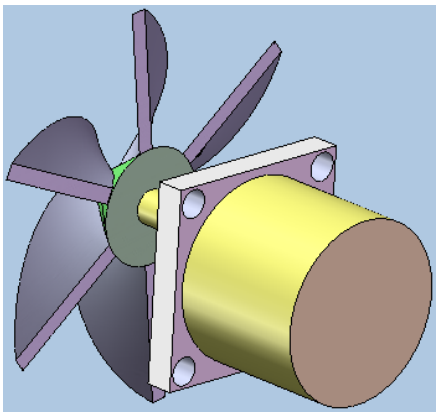
- Sürülen sistemin tipi
- Sistemin ağırlığı ve sürtünme kuvvetleri
- Sürülen yükün taşınması ya da hareket ettirilmesi

Sürülen yükün motor miline göre konumu ve yük ile motor mili arasındaki irtibat elemanlarının tipi sistemin tipini belirlemektedir. Bunlar:

- Doğrudan tahrik
- Kasnaklı tahrik
- Teğetsel tahrik
- Vidalı tahrik
- Dişlilerle tahrik

### 2.2.1 . Doğrudan Tahrik

Yük, motor miline doğrudan bağlıdır. Burada yük, bir disk, silindir ya da bir fan olabilir.



**Şekil 2.4: Doğrudan pervanenin sürülmesi**

Sistemi temsil eden atalet momenti:

$$I_T = I_L + I_M$$

Burada:

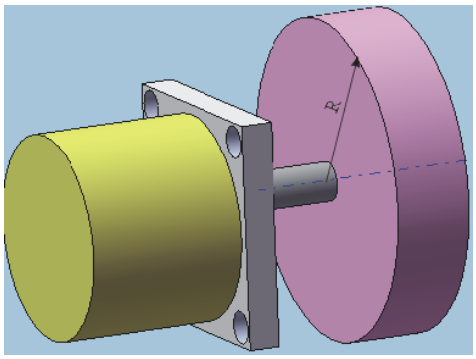
$I_T$ = Sistemin toplam kütlesel atalet momenti
$I_L$ = Yükün kütlesel atalet momenti
$I_M$ = Motor milinin kütlesel atalet momenti

Yükün atalet momenti:

$$I_L = \frac{1}{2} mR^2 = \frac{1}{8} mD^2$$

Cismin yoğunluğundan hareket edersek;

$$I_L = \frac{1}{2} \pi \rho L R^2 = \frac{1}{8} \pi \rho L D^2$$ L:Diskin uzunluğu




**Şekil 2.5: Silindirin sürülmesi**

Uygulamalarda motorun rotor milinin eylemsizlik momenti ve sürtünmeler dâhil sistemdeki tüm unsurların dikkate alınması gerekir. Rotor milinin eylemsizlik momenti, kataloglardan elde edilir. Eğer sadece yükün etkisi göz önüne alınacaksa ihmal edilebilir. Bu durumda hesaplamadan elde edilen sonuçtan daha fazla tork verecek motor seçilmelidir.

Tablo 2.1'de bir adım motoru için rotorun eylemsizlik momenti görülmektedir.

| Model | Tutma Torku<br>oz-in<br>N-m | Faz için Akım<br>A/phase | Gerilim<br>V | Her Faz için Gerilim<br>ohm/faz | Rotor Eylemsizlik Momenti (I)<br>$oz\text{-}in^2$<br>$kg\text{-}m^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| PK264-01A | 54.2<br>0.39 | 1 | 5.7 | 5.7 | 0.66<br>$120x10^{-7}$ |

**Tablo2.1: Vexta step motoru**

**Örnek:**

Motora bağlı çelik bir silindirin yarıçapı 8mm ve uzunluğu 300 mm ise silindirin eylemsizlik momentini bulunuz. (Çelik için $\rho$=7,83 $g/cm^3$)

**Çözüm:**

$$I_L = \frac{1}{2}\pi\rho LR^2 = \frac{1}{2}\pi(7,83)(30cm)(0,8^2 cm) \qquad I_L = 236.1 \text{g.cm}^2$$

### 2.2.2. Kasnaklı Tahrik

Kasnak yardımıyla bir yükün kaldırılmasında geçerlidir.

Sistemi temsil eden atalet momenti:

$$I_T = I_L + I_K + I_M$$

Burada:

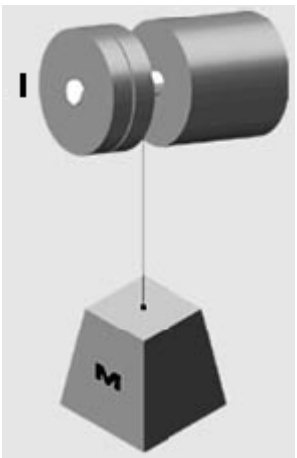
$I_T$ = Sistemin toplam kütlesel atalet momenti
$I_L$ = Yükün kütlesel atalet momenti
$I_K$ = Kasnağın kütlesel atalet momenti
$I_M$ = Motor milinin kütlesel atalet momenti

Yükün atalet momenti:

$$I_L = mR^2$$

Burada;

m: Yükün kütlesi
R= Kasnağın yarıçapı



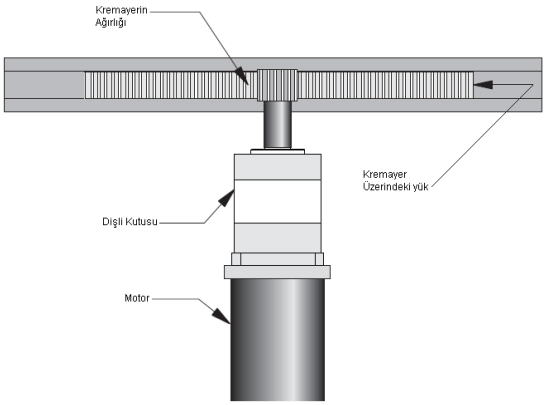

**Şekil 2.6: Kasnakla yükün sürülmesi**

Yukarıda eşdeğer eylemsizlik momentine sistemdeki elemanları dâhil ettik. Fakat motorun vermesi gereken torku hesaplarken yükün vereceği torku da dikkate almak gerekir.

$$T_T = I_L \alpha + T_Y$$

Burada $T_Y$=yükün ağrlığı x kasnağın yarıçapı yani
$T_Y = (m \times 9{,}8) \times r$

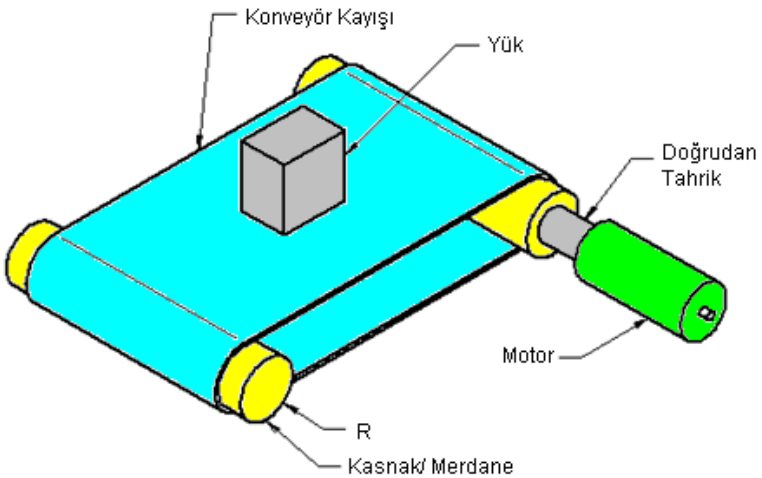
$K.E = \frac{1}{2}\sum[mr^2]\omega^2$ denklemini kullanan başka bir sistem, kremayer-düz dişli mekanizmasıdır. Bu mekanizmanın dairesel hareketi doğrusal harekete çevirmek için kullanıldığını hatırlatalım.




**Şekil 2.7: Kremayer-düz dişli ile yükün sürülmesi**

## 2.2.3. Teğetsel Tahrik

Bu tip tahrik sistemi, teğetsel olarak yük taşımaya elverişli kayış-kasnak ya da zincir dişlilerin kullanıldığı konveyör sistemlerinde kullanılır.




**Şekil 2.8: Teğetsel hareket ile yükün sürülmesi**

Sistemi temsil eden atalet momenti:

$$I_T = I_L + I_{K1} + I_{K1} + I_{kayış} + I_M$$

Burada:

$I_T$ = Sistemin toplam kütlesel atalet momenti

$I_L$ = Yükün kütlesel atalet momenti $I_L = mR^2$

$I_{K1}$ = 1. Kasnağın (Merdanenin) kütlesel atalet momenti

$I_{K2}$ = 2. Kasnağın (Merdanenin) kütlesel atalet momenti

$I_{kayış}$= Kayışın ataleti $I_{Kayış} = m_{kayış}R^2$

$I_M$ = Motor milinin kütlesel atalet momenti

Motor Hızı:

$$v_m = \frac{v_L}{2\pi R}$$

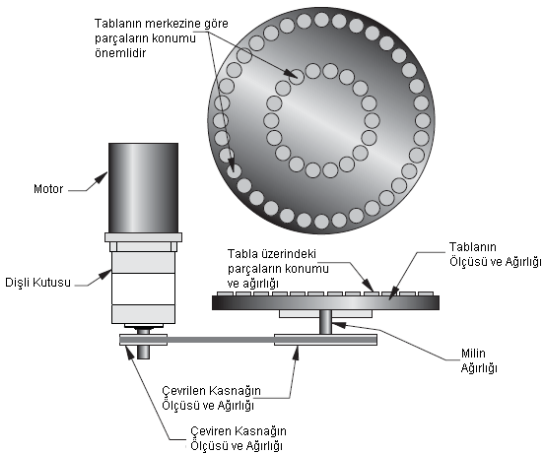
Yük Torku:

$$T_L = F_L R$$

Sürtünme esas alınacaksa sürtünmeden kaynaklanan tork:

$$T_T = F_T R$$

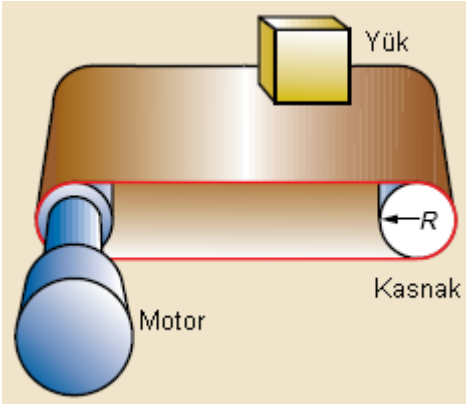
Uygulamalarda görülen döner tabla ile hareket, bu sisteme göre hesaplanır.




**Şekil 2.9: Döner tabla ile yükün sürülmesi**

**Örnek:**

Bir kayış kasnak mekanizması 4540g ağırlık taşımaktadır. 2270 g ağırlığında olan kasnaklar, içi boş silindirdir. Silindirin iç çapı 5.842cm, dış çapı ise 6.35 cm olduğuna göre sistemin toplam eylemsizlik momentini bulunuz.




**Çözüm:** Tablo 2.1'den içi boş silindirin eylemsizlik momenti:

$$I_s = \frac{W}{2g}(R_o^{\,2} + R_i^{\,2})$$

$$I_s = \frac{4540}{2(981)}(6.35^2 + 5.842^2)$$

$$I_s = 172.27 \text{ g-cm-sn}^2$$

Bu değeri $I_L = \text{mR}^2$ formülünde yerine koyayarak yük ataletini bulalım.

$$I_Y = \frac{4540}{981}(6,35)^2$$

$$I_Y = 186.6 \text{ g-cm2-sn}^2$$

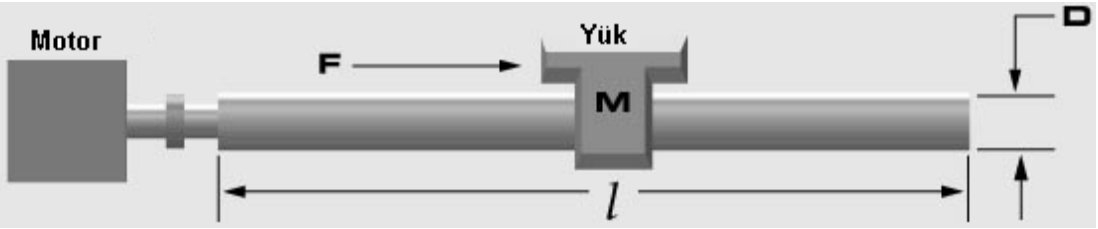
Toplam atalet momenti:

$$I_T = I_L + I_{K1} + I_{K1}$$

$$I_T = 186.6 + 172.27 + 172.27 = 531.14 \text{ g-cm2-sn}^2$$

## 2.2.4. Vidalı Tahrik

Motor miline bağlı bir vida ile yükün ileri-geri sürülmesidir.




**Şekil 2.10: Vida ile yükün sürülmesi**

Yüke etkiyen teğetsel kuvvet:

$$F = \frac{2\pi T}{t} x\ e$$

Burada

T: Motor tarafından uygulanan tork,
t : Vida adımı,
e: Verim. Sürtünme ve ısı kayıplarından dolayı uygulanan tork biraz düşer. Bilyalı vida somunları için 0.9, metal somunlar için 0.4, plastik somunlar için 0.6 alınır.

Sistemi temsil eden atalet momenti:

$$I_T = I_L + I_V + I_M$$

Burada:

$I_T$ = Sistemin toplam kütlesel atalet momenti

$I_L$ = Yükün kütlesel atalet momenti $\quad I_L = \dfrac{m}{(2\pi t)^2 x\ \mathrm{e}}$

$I_V$ =Vidanın kütlesel atalet momenti $\quad I_V = \dfrac{1}{2} mR^2 = \dfrac{1}{8} mD^2$

$I_M$ = Motor milinin kütlesel atalet momenti

Motor tarafından uygulanması gereken tork:

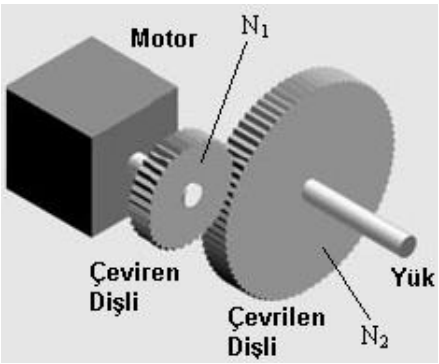
$$I_T = (I_L + I_V + I_M)\ \alpha + T_{sürtünme}$$

Burada sürtünme dikkate alınan sürtünme torku:

$$T_{sürtünme} = \frac{1}{2\pi te} F_{ürtünme} \rightarrow F_{ürtünme} = \mu \text{ x } Yük Ağırlığı$$

## 2.2.5. Dişlilerle Tahrik

Motor miline bağlı dişliler yardımıyla bir yükün hareket ettirilmesidir. Burada doğrudan tahrik yerine dişlilerin iletim oranından yararlanarak daha küçük torklu bir motor kullanılır.




**Şekil 2.11: Düz dişli ile yükün sürülmesi**

İletim oranı, $i = \frac{N_1}{N_2}$

olmak üzere sistemi temsil eden atalet momenti:

$$I_T = I_L + I_M$$

Burada:

$I_T$ = Sistemin toplam kütlesel atalet momenti
$I_L$ = Yükün kütlesel atalet momenti
$I_M$ = Motor milinin kütlesel atalet momenti

Yükün kütlesel atalet momenti:

$$I_L = \frac{I_{yük}}{i^2}$$

Motor için gerekn tork:

$$T = \frac{(I_L + I_M)\ \alpha}{i}$$

**Örnek:**
2724 g ağırlığında ve 10.16 cm çapında bir silinidir, 3:1 iletim oranında bir dişli grubu ile motora bağlıdır. Yükün eylemsizlik momentini bulunuz.

**Çözüm:**

Silindirin eylemsizlik momenti

$$I = \frac{1}{2}\frac{W}{g}R^2$$

$$I = \frac{1}{2}\frac{(2724)}{(981 cm/sn^2)}(\frac{10,16}{2})^2$$

$$I = 35,8 \text{ gcm}^2$$

Yükün motora etkisi [2.14] denkleminden

$$I_L = \frac{35.8}{3^2} = 3,97 \text{ g-cm}^2$$

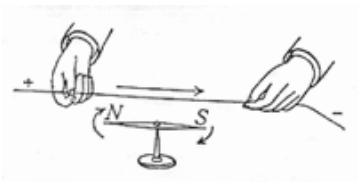
## 2.3. DC Motor ile Hareket

Daha önceki uygulama faaliyetlerinde çevirme kasnağını elle çevirdik. Bu bölümde mekanizmaları DC ve adım motoru ile çevireceğiz.

### 2.3.1. Elektromanyetik İndüksiyon

Çubuk şeklinde bir mıknatıs bir iple ağırlık merkezinden tavana asılırsa mıknatıs "kuzey-güney" doğrultusunu alır. Mıknatısın kuzeye yönelen ucuna "kuzey kutbu", güneye yönelen ucuna "güney kutbu" denir. Mıknatıslar birbirine yaklaştırıldığında aynı cins kutuplar birbirini iter, farklı kutuplar birbirini çeker.

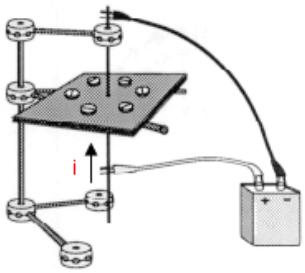
Elektrik ile manyetizma arasındaki ilişki, ilk defa Danimarkalı fizikçi Hans Christian Oersted tarafından ortaya kondu. Oersted, içinden elektrik akımı geçen bir telin, çevresinde bir manyetik alan oluşturduğunu gösterdi.




**Şekil 2.12: Hans Christian Oersted'in deneyi**

Üzerinden akım geçen telin çevresindeki manyetik alanı incelemek için Şekil 2.13'teki deney yapılabilir. Deney sehpasının düzlemine dik geçen bir iletkenin uçları, bir pilin

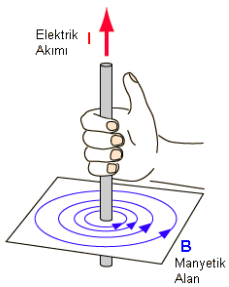
kutuplarına bağlanmıştır. Telin etrafına da pusulalar yerleştirilir. Pusula iğneleri, telden geçen i akımının yönüne göre sapar. Pusula iğnelerinin gösterdiği doğrultulara teğet çizilen daireler manyetik alan çizgileridir.




**Şekil 2.13: Manyetik alan deneyi**

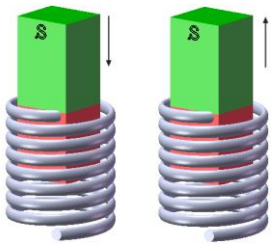
Manyetik alanın yönü, telden geçen akımın yönüne bağlıdır. Telden geçen i akımının yönü ters çevrilirse pusula iğneleri de ters döner. Elektrik akımının, pilin + ucundan – ucuna aktığını hatırlayalım. Pusula olmaksızın manyetik alanın yönünü bulmak için 1. sağ el kuralı kullanılır.

1. Sağ el kuralına göre sağ elin başparmağı akım yönünü gösterecek şekilde avuç içine alınırsa telin çevresi boyunca bükülen parmaklar manyetik alanın yönünü gösterir.



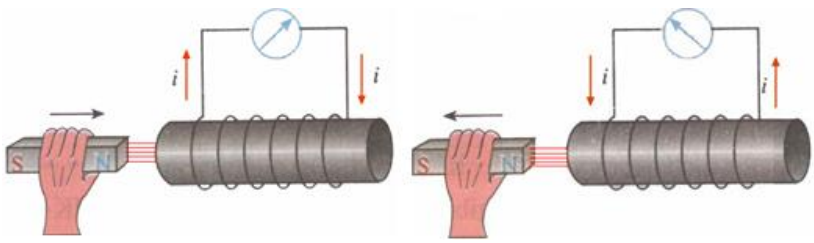

**Şekil 2.14: Sağ el kuralı**

Bir iletkenin çevresinde manyetik alan oluşabileceği gibi manyetik alan içinde bulunan bir iletkende de bir akım oluşabilmektedir. Mıknatısın bir bobin içinde hareket ettirilmesi ile bobinde bir elektrik akımı oluşmaktadır. Bu akıma indüksiyon akımı denir. N kutbunun bobin içine sokulması ile oluşan akımın yönü, mıknatısın bobin dışına çıkarılması ile elde oluşan akımın yönü birbirine terstir.




**Şekil 2.15: İndüksiyon akımın oluşması**

Akımın yönü Şekil 2.16'da görülen deneyle de saptanabilir. Mıknatıs bobine doğru hareket ettirilirse miliampermetrenin yönü sağa sapar. Mıknatıs, bobinden uzaklaşırken ibre, sola yönlenir.



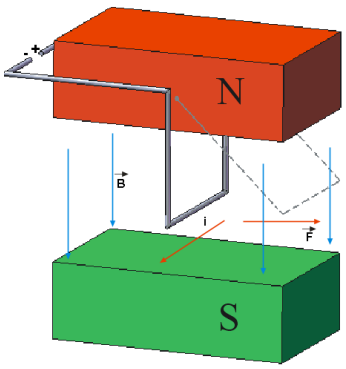

**Şekil 2.16: İndüksiyon akımının yönü**

Bir iletkenin içinden geçen elektrik akımının büyüklüğü zamanla değişmiyorsa yani sabit ise bu tür akıma "doğru akım" denir.

## 2.3.2. Manyetik Alanda Kuvvet

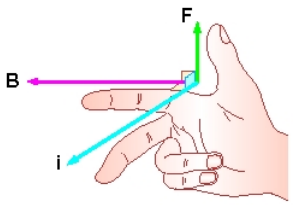
Nasıl ki yeryüzünde bulunan bir cisme yerçekimi kuvveti etkiyorsa manyetik alan içinde bulunan bir iletkene de bir kuvvet etkir. Şekil 2.17'de bir manyetik alan içine bir tel halka sokulmuştur. Ortaya çıkan manyetik kuvvet, teli sağa iter. Buna göre şu sonuçlar çıkarılabilir.

- Manyetik kuvvet, telden geçen i akım şiddetine, telin mıknatıslar arasındaki l boyuna ve B manyetik alan şiddetine bağlıdır.
- Telden geçen akımın yönü değiştirilirse, kuvvetin yönü de değişir.



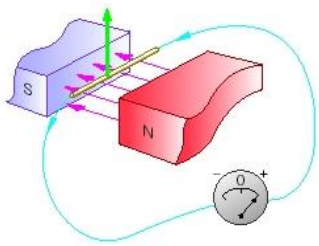

**Şekil 2.17: Manyetik alanda kuvvet**

Manyetik kuvvetin yönünü bulmak için 2. sağ el kuralı kullanılır. Sağ elin baş, işaret ve orta parmakları birbirine dik tutulur. Başparmağın yönü F kuvvetini, işaret parmağı B manyetik alanını, orta parmak ise akım yönünü gösterir.




**Şekil 2.18: 2. Sağ el kuralı**

Tek bir tel manyetik alanın içine sokulursa bu kuvvetten dolayı dışarı itilecektir.




**Şekil 2.19: Manyetik alanda kuvvet**

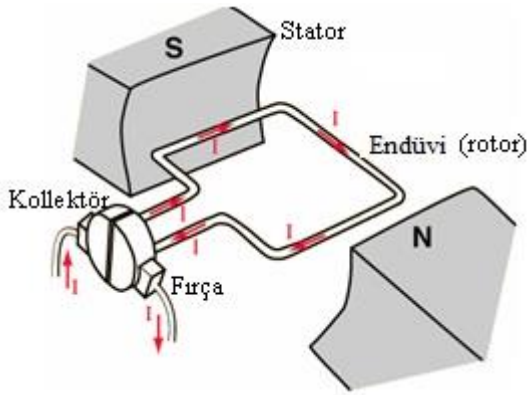
### 2.3.3. DC Motorun Yapısı

Doğru akım (DC) motorları, elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmek için ilk tasarlanan makinelerden birisidir.

DC motorlar doğru akımla çalışır. Motor milinin, manyetik olarak itilmesi ve çekilmesi ile çalışır. Rotorun hareketi zıt kutuplu iki manyetik alanın etkileşimi ile sağlanmaktadır.

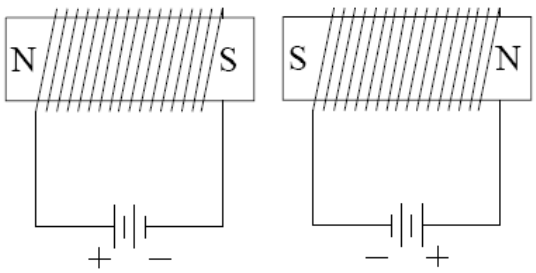
Dört temel elemandan meydana gelmiştir. Bunlar stator, endüvi(rotor), kollektör ve fırça.

- Stator : Motorun sabit sargılarının olduğu kısım.
- Endüvi : Motor mili. Sabit mıknatıslı ya da sargılı olabilir.
- Kollektör : Sargılarda akımın yönünü değiştiren, bir nevi mekanik anahtar görevini üstlenir.
- Fırça : Kollektöre akım verir.




**Şekil 2.20: DC motorun elemanları**

Manyetik alanın yönünün akımın yönüne bağlı olarak nasıl değiştiğini bir kere daha hatırlayalım. Hatırda kalması için gerilim kaynağının + ucuna bağlı mıknatıs ucu N kutbu olur.

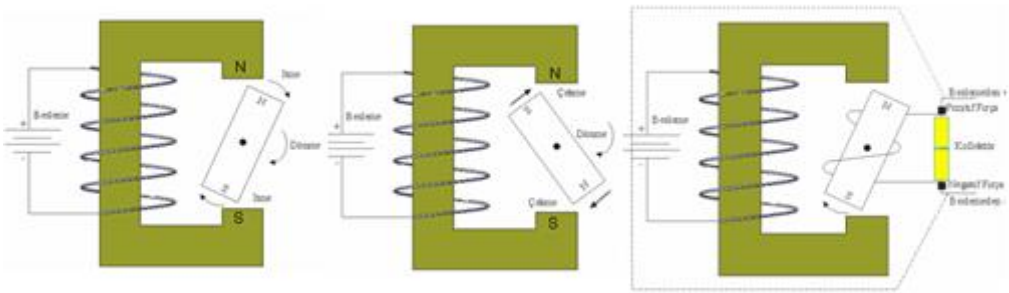



**Şekil 2.21: Polariteye bağlı kutuplar**

Bu prensibi DC motor yapısına ugulayalım. Şekil 2.22(a)'da rotoru temsilen bir manyetik çubuk serbestçe dönebilmesi için bir mile tesbit edilmiştir. Statoru temsil eden manyetik çubuğa bir bobin sarılmıştır ve bobinin bir ucu beslemenin+ ucuna, diğer ucu beslemenin – ucuna bağlanmıştır. Bobinden akımın akış yönü statorun üst kısmını N kutbu, alt kısmını S kutbu yapmaktadır. Bu durumda aynı kutuplar birbirini ittiğinden rotor saat yönünde dönmektedir. Rotor dönmeye başladığında rotorun S kutbu, statorun N kutbuna, rotorun N kutbu statorun S kutbuna yaklaşacaktır [Şekil 2.22(b)]. İki zıt kutup birbirini çekecektir. Bu çekme kuvveti rotorun S kutbu, statorun N kutbu ile aynı hizaya geldiğinde en yüksek değerine ulaşacaktır.

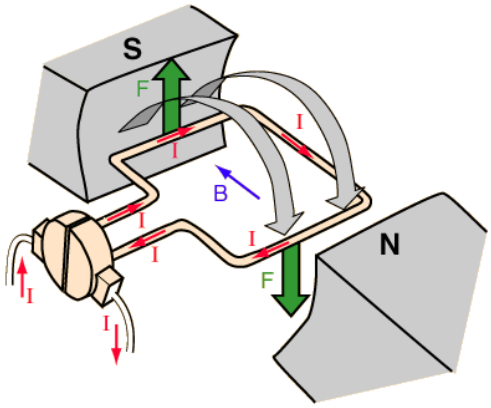
Zıt kutuplar en kuvvetli anındayken rotor kilitlenecek ve dönmeye karşı direnç gösterecektir. Rotorun dönmeye devam etmesi için rotorun polaritesinin (N ve S kutuplarının yeri) değiştirlmesi gerekir. Bu diyagramda rotor sabit mıknatıslı olduğundan ilk dönmede kilitlenecektir. Bu yüzden rotorun elektromıknatıs olması gerekir. Elektromıknatıs ise demir bir nüvenin etrafı izole edilmiş bir iletkenle sarılarak elde edilir. Bu durumda dönen rotor sargılarının polaritesini değiştirmek için bir aracıya ihtiyaç vardır. Bu aracıya komütatör ya da kollektör denir ve rotorla beraber döner. Bir bobinde iki uç olduğuna göre her uç için bir komütatörün yarı parçası kullanılır. Komütaör döndüğü için DC gerilimi rotor sagılarına doğrudan bağlanamaz. Yoksa birbirine dolaşır. Bunun için komütatörle temas hâlinde olup sürtünerek çalışan karbon fırçalar kullanılır.

Şekil 2.22(c)'de, DC gerilimi hem rotora hem de statora uygulanmaktadır. Negatif DC gerilimi fırçalardan birine bağlı olduğundan buna bağlı olan komütatör de negatif olacaktır. Rotorun manyetik alanı, rotorun dönmesine sebep olacaktır. Rotor manyetik alan dolayısıyla daha önce bahsedilen kilitlendiği konuma geldiği anda, negatif fırça daha önce pozitif olan sargı ucuna, pozitif fırça daha önce negatif olan sargı ucuna dokunmaya başlar. Bu hareket rotor üzerindeki akımın yönünü değiştirerek manyetik alanın polaritesini değiştirir. Rotor her dönmede iki defa polaritesini değiştirerek kutuplar arasında itme ve çekmenin devamlı olmasını sağlar.

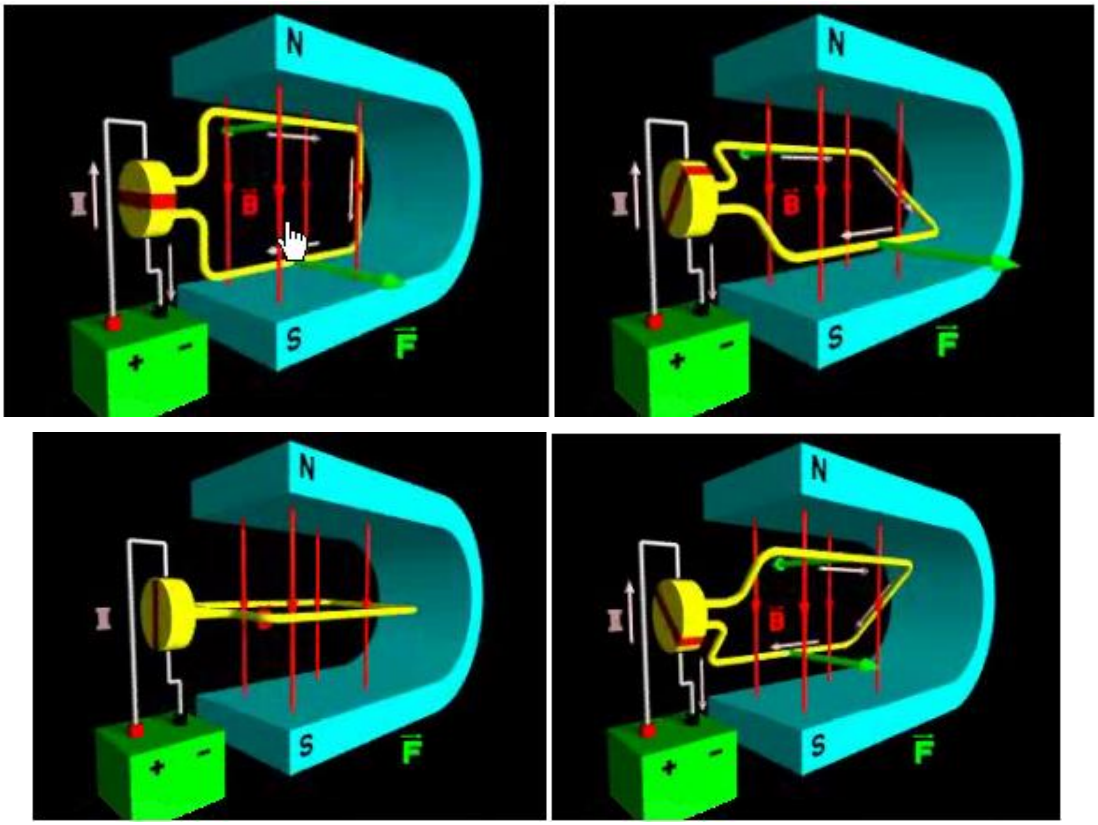



**Şekil 2.22: DC motorun şematik çalışma prensibi**

Şekil 2.23'te statoru sabit mıknatıslı bir motorda manyetik alanın ve kuvvetin yönü, Şekil 2.24'te ise böyle bir motorun çalışması adımlar hâlinde verilmiştir. Komütatör iki parçalı olup akımın yönünü değiştirdiğinde meydan gelen itme kuvvetleri gösterilmiştir.




**Şekil 2.23: Rotora etkiyen kuvvetler**

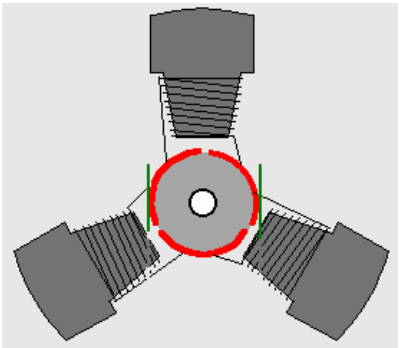



**Şekil 2.24: DC motor prensibi**

Şekil 2.23'te anlatılan motor iki kutupludur. Bu yüzden motor pürüzsüz çalışmaz hem de yeterince tork vermez. Gerçek hayatta karşımıza çıkan DC motorlar genelde üç kutupludur. Bu yüzden hem manyetik alan kuvvetlidir hem de daha düzgün dönme sağlar.

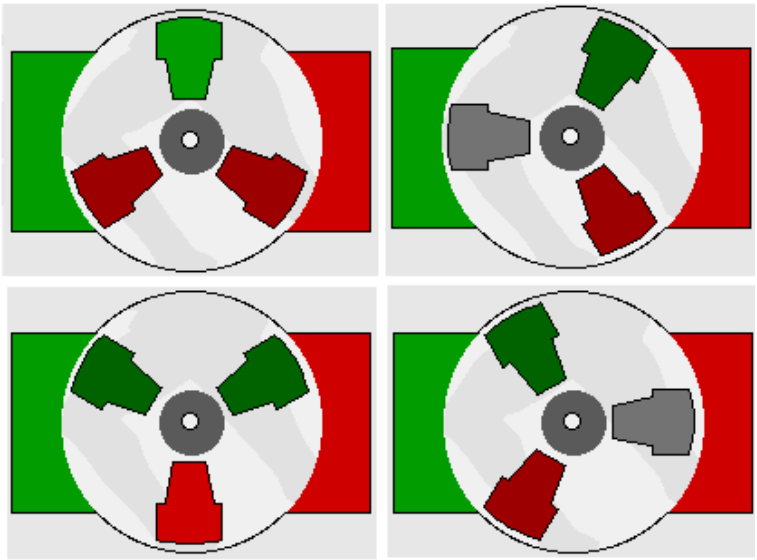
**Şekil 2.25: 3 Kutuplu DC motorun yapısı**

3 kutuplu motorda komütatör üç parçalıdır ve belirli anda sadece bir kutup, diğer kutuplar parçalı enerjilidir. Yani kutuplardan biri statorla hizalandığında diğer ikisi buna göre belirli bir açıyla konumlanmaktadır.



**Şekil 2.26: 3 Kutuplu DC motorun komütatörü**

Şekil 2.26'da böyle bir motorun çalışması görülmektedir.

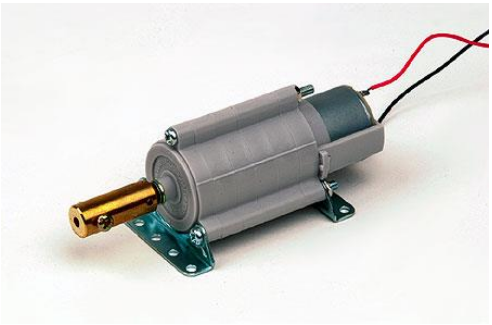


**Şekil 2.27: 3 Kutuplu DC motorun çalışması**

Sabit mıknatıslı DC motorlar çoğu zaman torku artırmak için bir dişli kutusu ile beraber satılır. Dişli kutusu düz dişlilerden yapıldığı gibi planet dişlilerden de oluşabilir.

| Model | Dişli Oranı | 1/5 | 1/10 | 1/15 | 1/18 | 1/25 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TG-47C-SG | Hız (dev/dak) | 862 | 461 | 291 | 250 | 178 |
| | Tork (mN-m) | 7.84 | 9.8 | 19.6 | 19.6 | 29.4 |
| | Tork (kg-cm) | 0.08 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.3 |

**Şekil 2.28: TG-47C-SG modelli DC motor**



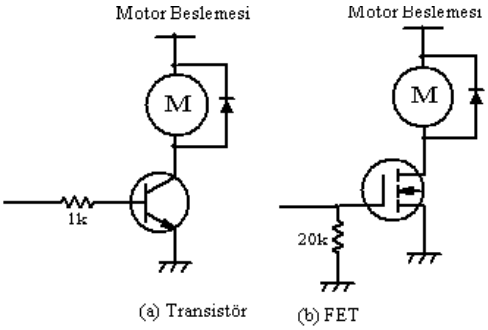
**Şekil 2.29: Planet dişli kutulu DC motor**

Planet dişlilerde iletim oranı 4:1, 5:1, 16:1, 20:1, 25:180:1, 100:1, ve 400:1 olacak şekilde imal edilmektedir. Bazen de özellikle oyuncaklarda motor aksları için tasarlanmış özel setler de DC motorlar için bulunabilmektedir.

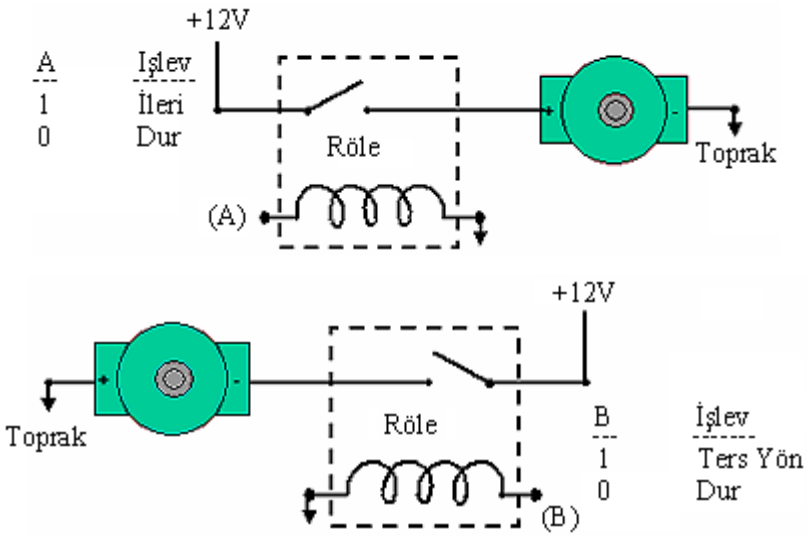
**Şekil 2.30: DC motorlu aks**

### 2.3.4. DC Motorun Kumandası

DC motorlar doğrudan doğruya çalışma gerilimine göre beslemeye bağlandığında dönebilir. Ama bilgisayar ya da lojik entegrelerle sürülecekse bir transistör ya da röle üzerinden sürülmesi gerekir. Fakat bu, motorun sadece tek yönde dönmesini sağlar. Üstelik gerilim kesildiğinde motor, ataletinden dolayı bir süre dönmeye devam eder. Uygulamalarda çoğu zaman motorun her iki yönde dönmesi ve istenildiğinde frenlenmesi istenir.

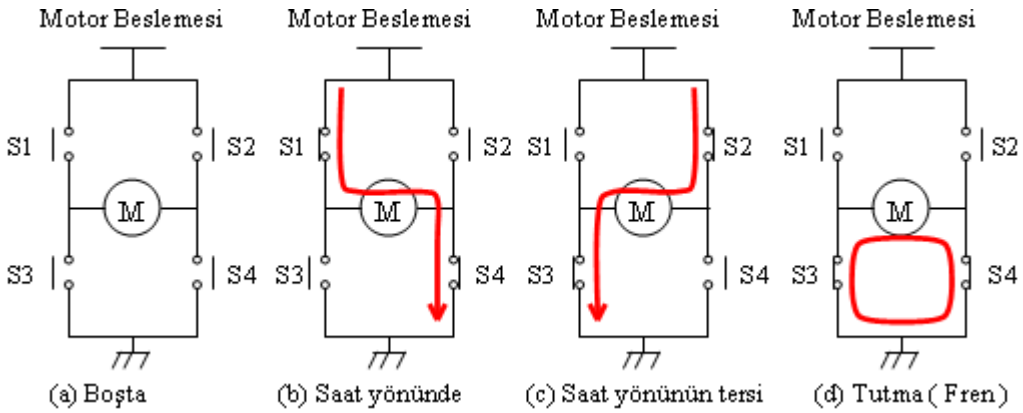



**Şekil 2.31: DC motorun doğrudan sürülmesi**

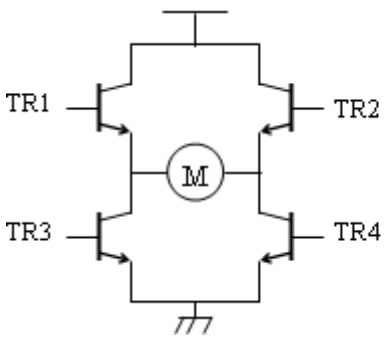



**Şekil 2.32: Röle ile DC motorun doğrudan sürülmesi**

Motorun her iki yönde dönmesinin istendiği yerde H köprüsü diye tabir edilen dört transistörlü devre kullanılır.



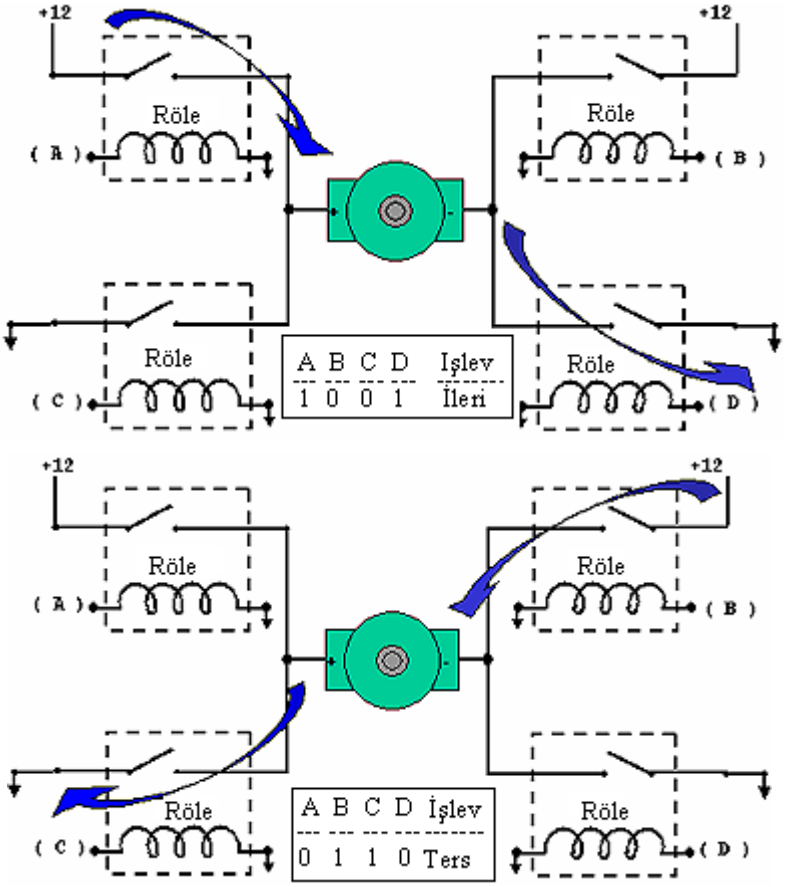

**Şekil 2.33: Anahtarla yapılmış H köprüsü**




| SW1<br>TR1 | SW2<br>TR2 | SW3<br>TR3 | SW4<br>TR4 | Açıklama |
|---|---|---|---|---|
| OFF | OFF | OFF | OFF | Boşta |
| ON | OFF | OFF | ON | Saat yönünde |
| OFF | ON | ON | OFF | Saat yönü tersi |
| OFF | OFF | ON | ON | Tutma ( Fren ) |

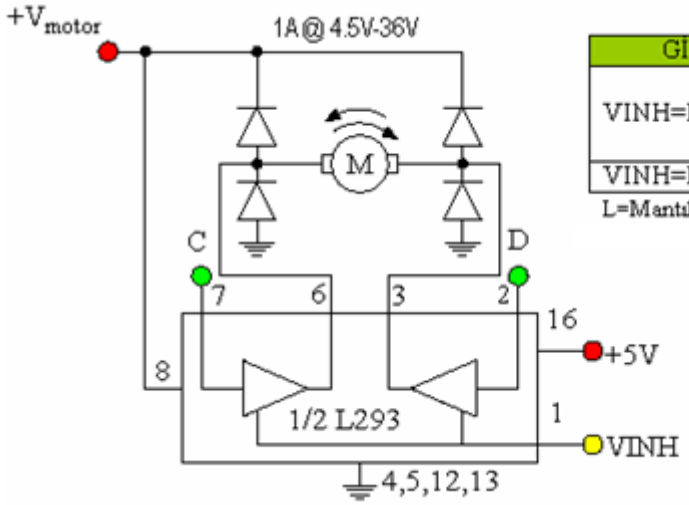
**Şekil 2.34: Transistörlü H köprüsü**

H köprüsünde anahtarlar çifter olarak iletime geçer. Ya sağ üst-sol alt anahtarlar ya da sol üst-sağ alt anahtarlar iletime geçirilir. Bu tarz bir iletimde akım yönü Şekil 2.31'de görülmektedir. Eğer aynı hizada iki anahtar aynı anda iletime geçerse kısa devre olur.



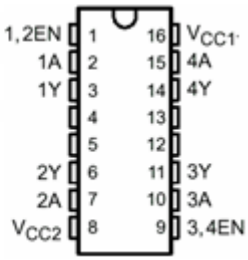

**Şekil 2.35: Röle ile H köprüsü**

Piyasada hazır motor sürücüsü entegreleri vardır. Bunlar motorlarda devir yönünü değiştirmek için tam köprü sürücüye sahiptir. Bu devre elemanı ile DC motoru saat yönünde, saat yönünün tersi yönde, boşta ve fren durumunda kolaylıkla kontrol edebiliriz. Bunlardan biri L293 (4.5-36V, 1A), diğeri TA7257P (6 – 18V, 1.5A )'dir.

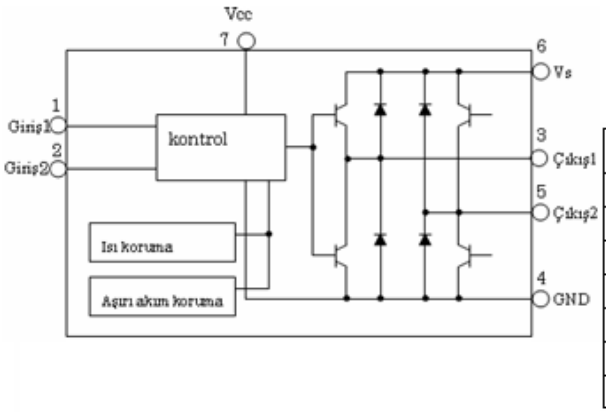



| GİRİŞLER | | İŞLEV |
|---|---|---|
| VINH=H | C=H;D=L | Sağa Dön |
| | C=L;D=H | Sola Dön |
| | C=D | Frenleme |
| VINH=L | C=X;D=X | Boşta |

L=Mantık 0; H=Mantık 1; X=Önemsiz




**Şekil 2.36: L293 ile motor sürümü**



| PIN No. | Sembol | Fonksiyon Açıklaması |
|---|---|---|
| 1 | IN1 | Giriş |
| 2 | IN2 | Giriş |
| 3 | OUT1 | Çıkış |
| 4 | GND | Toprak |
| 5 | OUT2 | Çıkış |
| 6 | Vs | Motor İçin Gerilim Ucu |
| 7 | Vcc | Lojik Devre İçin Gerilim |

**Şekil 2.37: TA7257P ile motor sürümü**

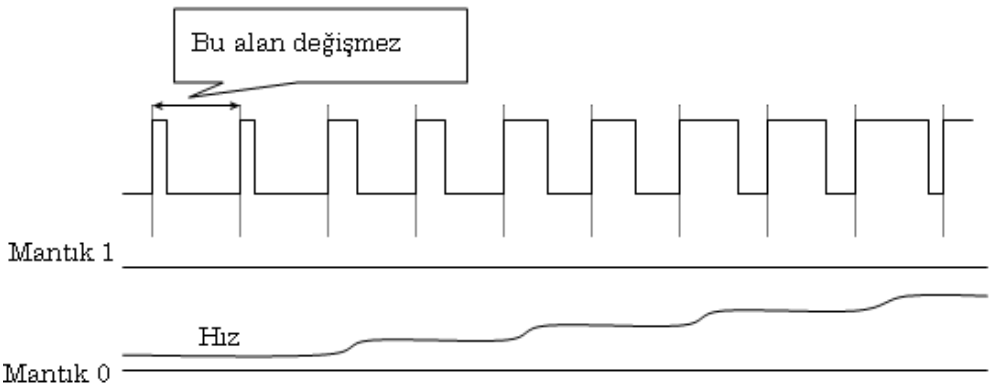
DC motorların hız kontrolü iki türlü yapılır.

- Gerilimi ayarlayarak,
- Darbe genişliğini ayarlayarak.

Gerilim kontrolü analog bir kontroldür. Bu yöntem teyp motorlarında olduğu gibi kullanılsa da verimli bir metot değildir.

**Şekil 2.38: Gerilim kontrolü**

PWM metodu fazın genişliğini kontrol ederek motorun hızını kontrol etmektedir. PWM yöntemi tamamen dijital bir kontroldür. ( 0/1 kontrollüdür. ) PWM ile fazın 1 veya 0 olma durumları kontrol edilir. Bu yöntem, Denetim sistemleri dersinin "Açık Çevrimli Kontrol" modülünde detaylı olarak anlatılmaktadır.




**Şekil 2.39: PWM kontrol**

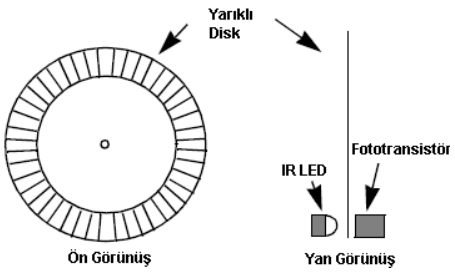
## 2.3.5. DC Motorlarda Geri Besleme

Motorun dönmesiyle ilgili elde edilen bilgilerin tekrar motoru sürmede kullanılmasına geri besleme (feedback) denir. Geri besleme ile motor milinin hem hızı hem de konumu hakkında bilgi edinilir. Konum kontrolü bahsi "Denetim Sistemleri" dersinde incelenecektir.

Hız geri beslemesi sensör ile ve zıt EMK geriliminin ölçülmesi olmak üzere iki türlü yapılır. Şimdi bunlardan sensör ile geri beslemeyi görelim.

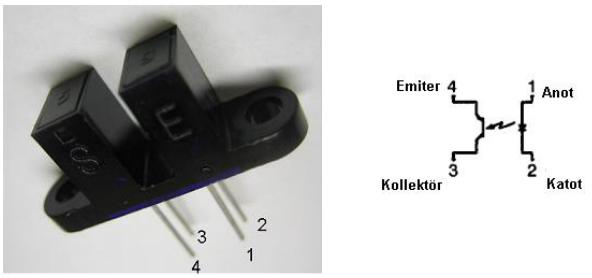
Hız geri beslemesinde optokuplör (optocoupler) ve dil rölesi(reed relay) kullanılır.

Optokuplör, bir enfraruj LED, bir fototransistör ve ikisinin arasında yarıklı bir diskten meydana gelir. Disk, motor milinin iş yapmayan arka kısmına ya da ön tarafına uygun bir tasarımla yerleştirilir. LED diskin bir tarafında ışık sağlar. Disk döndükçe aynen bilgisayar farelerinde olduğu gibi yarıklardan geçen ışık, fototransistörü tetikler. Motor mili döndükçe daimi olarak yarıklardan geçen ışık, fototransistörü iletime geçirir ve keser. İletime geçme sayısı motor milinin dönüş sayısı hakkında bilgi verir.



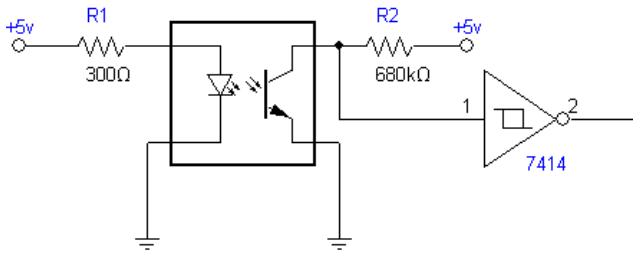

**Şekil 2.40: PWM kontrol**

Optokuplör, hazır U biçimli kılıflar hâlinde bulunmaktadır.




**Şekil 2.41: Optokuplör**

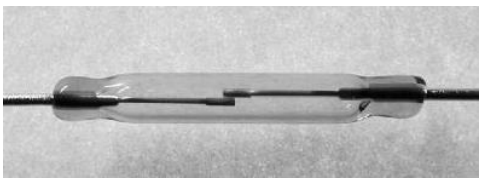
Fototransistörden çıkan sinyal zayıf olduğundan yükseltmek gerekir. Bunun için ya tercihen darlington transistör ile ya da 7414 Schmitt tetikleyici kullanmak gerekir.




**Şekil 2.42: Optokuplör sinyalininin kare dalga hâline getirilmesi**

LED'den yayılan ışık engellenmediğinde transistör iletime geçer ve çıkış gerilimini aşağıya çeker. Işık kırıldığında transistör iletimde olmadığından gerilim yükseğe çekilir. R2 direnci akımı sıfırladığından ışık kırılmadığı zaman gerilim sıfıra yakın olur.

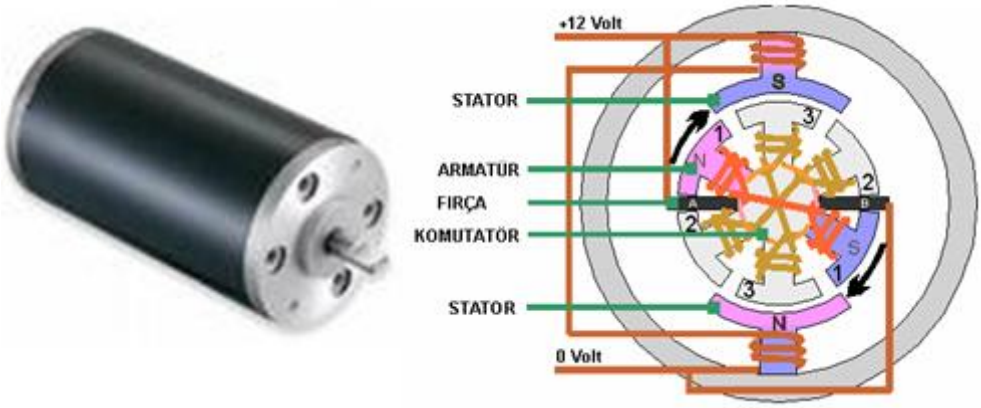
Dil rölesi, yanına mıknatıs yaklaştığında kontakları konum değiştiren manyetik bir sensördür.



**Şekil 2.43: Dil rölesi**

## 2.3.6. Sanayi Tipi DC Motorlar

Şimdiye kadar anlatılan DC motorlar, küçük güç gerektiren yerlerde kullanılan motorlardır. Sanayi tip motorlarda gerek rotor gerekse stator, sargılarla donatılarak manyetik alanın kuvvetlendirilmesi sağlanmaktadır. Rotor genelde 2, 4, 6 ve 8 kutuplu yapılır.

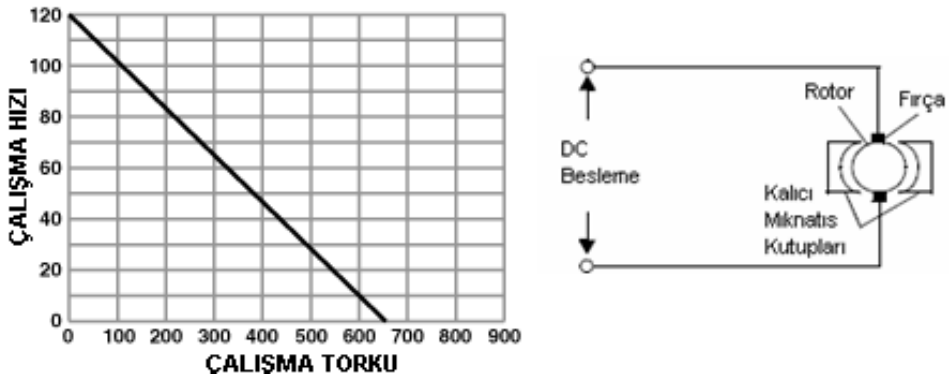



**Şekil 2.44: Sanayi tipi sabit mıkantıslı DC motor**

DC motorlar sarım tekniğine bağlı olarak üçe ayrılır.

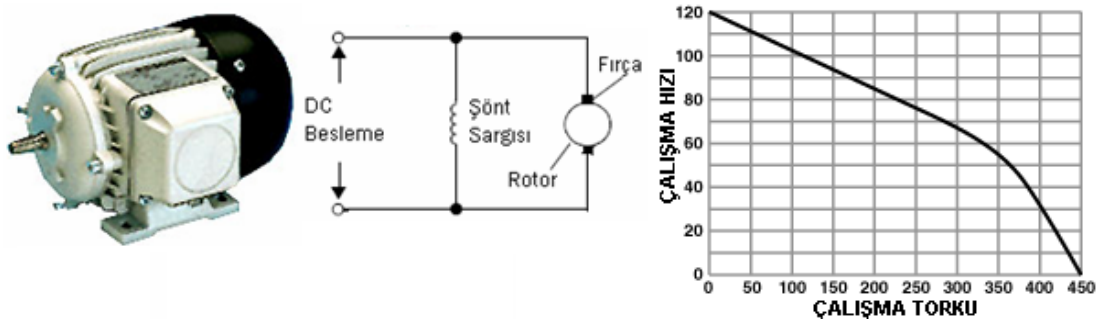
- Şönt (Shunt) motorlar
- Seri Motorlar
- Kompunt(Compund) Motorlar

Düşük momentli fırçalı DC motorlarda statorun mıknatıslı, rotorun ise sargılı olduğu daha önce belirtilmişti. Bu motorların şematik resmi Şekil 2.27'de görülmektedir. Motorun akım ihtiyacı ürettiği torkla doğrusal olarak ilişkilidir. Stator sabit mıknatıslı olduğundan gerilimdeki değişimlere anında cevap verir. Yani gerilim azalırsa devir de düşer.



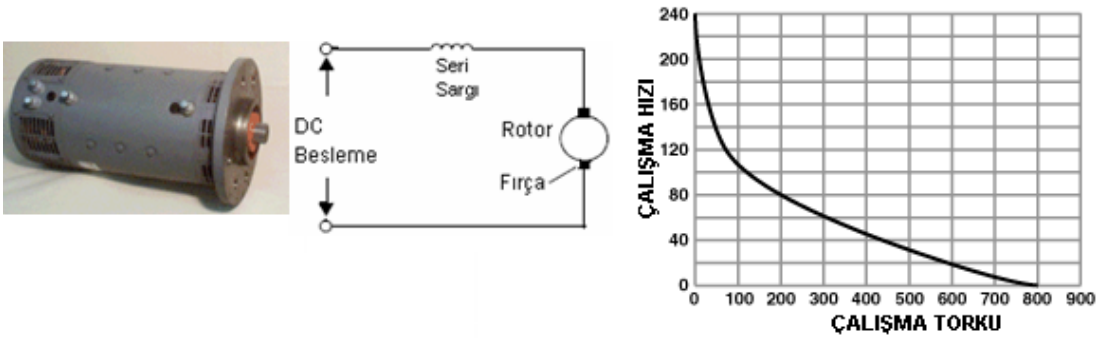

**Şekil 2.45: Sabit mıknatıslı DC motorun**

Şönt motorda stator sargısı ile rotor sargısı paraleledir. Stator ve rotor sargılarındaki akım, birbirinden bağımsızdır. Bu yüzden çok geniş tork aralığında hızları hemen hemen sabittir.



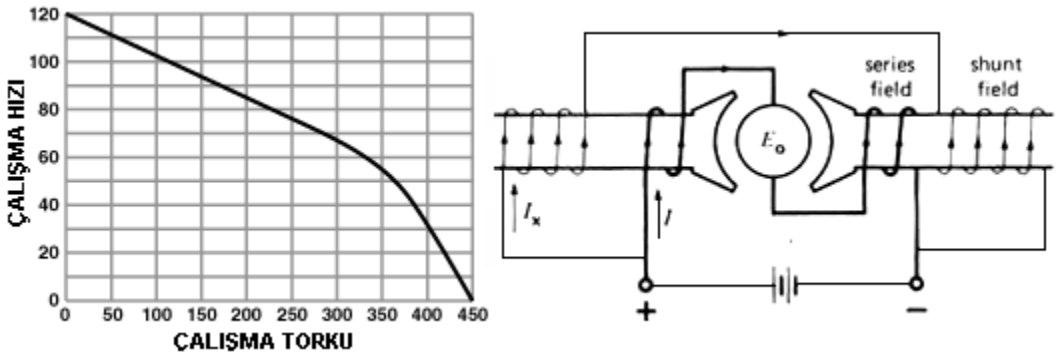

**Şekil 2.46: Şönt motorun sargı yapısı**

Seri motorda stator sargısı ile rotor sargısı seri bağlanmıştır. Tork arttıkça motor devri düşer.




**Şekil 2.47: Kompunt motorun sargı yapısı**

Kompunt motorlar yukarıdaki iki motorun özelliklerini taşır.




**Şekil 2.48: Sabit mıknatıslı DC motorun**

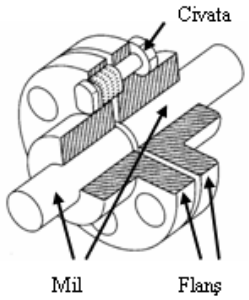
Son olarak motor mili ile çeviren mil arasında irtibatın nasıl sağlandığını görelim.

## 2.3.7. Kaplinler

Kaplin, iki mili birbirne bağlamada kullanılır.

- İki mil çakıştığında,

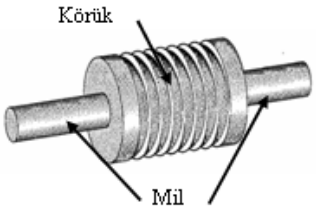
Bu durumda rijit mil kaplini kullanılır. En basit yapılı kaplin budur. Rijit, mil kaplininin en bilineni flanşlı kaplindir. Flanşlar civatalarla birbirine tutturulur.




**Şekil 2.49: Rijit mil kaplini**

- İki mil ekseni biraz kayık ise;

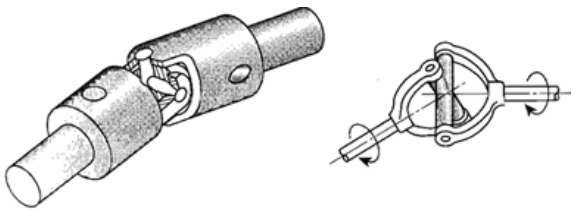
Bu durumda esnek kaplin kullanılır. Körüklü tipli olanlar büzgü kullanarak mil eksenlerinin eğikliğini emer. Oldham kaplini miller arasına konan esnek parçayla esnemeyi emer.




**Şekil 2.50:Körüklü tip kaplin**

- İki mil belirli bir açıyla kesişiyorsa

Bu durumda kardan kavrama kullanılır. Eğim açışı 30° içinde geçerlidir. İki mil arasındaki açı değişirse dönme hızı da değişmektedir.

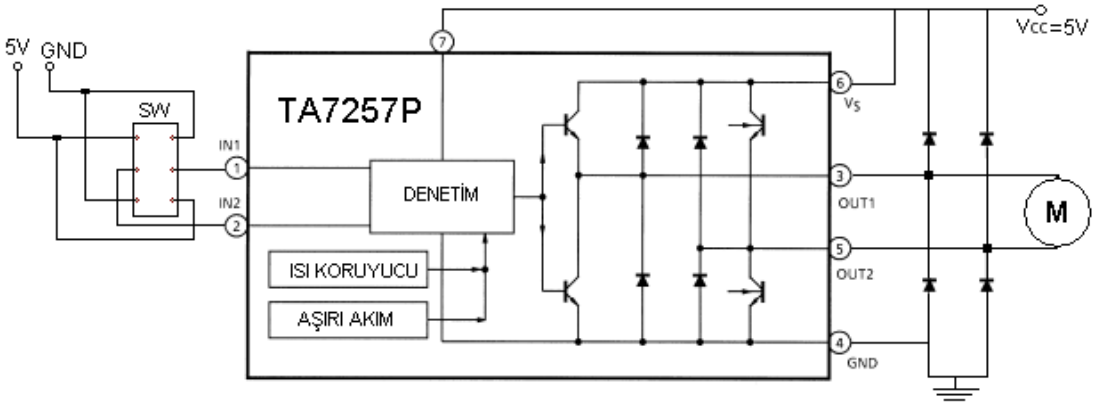


**Şekil 2.51:Kardan kavrama**

# UYGULAMA FAALİYETİ

Laboratuvarınızda bulunan DC motoru sürünüz.

Motor sürücü devresi




| İşlem Basamakları | Öneriler |
|---|---|
| • DC motorun katalogunu okuyunuz.<br>• DC motorun çalışma gerilimini katalogdan bulunuz.<br>• Motor sürücü devresini inceleyiniz.<br>• Devre elemanlarının listesini çıkartınız.<br>• Pertinaks, devre elemanlarını ve kabloları hazırlayınız.<br>• Devre elemanlarını pertinaksa yerleştiriniz.<br>• Lehimleme işlemini gerçekleştiriniz.<br>• Motor bağlantılarını yapınız.<br>• Enerjiyi vererek motoru çalıştırınız. | • Devre, baskı devresine ya da delikli pertinaksa kurulabilir.<br>• Motorun yön bilgisi entegrenin 1 ve 2 numaralı bacaklarına göre tayin edilmektedir. Yön bilgisi için 3 konumlu bir anahtar kullanılmıştır. Entegrenin 7 numaralı bacağı, TTL için, 6 numaralı bacağı transistörlerin sürülmesi için kullanılır. Genelde bu bacağa 12V gerilim bağlanmasına rağmen kolaylık olması amacıyla her iki uç da 5V gerilime bağlanmıştır.<br>• Devre elemanlarını lehimlerken yükseklik olarak alçaktan yükseğe doğru sıralama yaparak lehimleme yapınız.<br>• Soğuk lehim olayına dikkat ediniz. |

| | |
|---|---|
| | Yoksa devreniz çalışmayabilir. |

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (**X**) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

| Değerlendirme Ölçütleri | EVET | HAYIR |
|---|---|---|
| DC motorlarının çalışma prensibini anladınız mı? | | |
| DC motorlarını sürme prensiplerini öğrendiniz mi? | | |
| Elektromekanizma terimini kavradınız mı? | | |
| Teknolojik kurallara uygun bir çalışma gerçekleştirdiniz mi? | | |
| Süreyi iyi kullanabildiniz mi? | | |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

# ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

**Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz**

1. Aşağıdakilerden hangisi manyetik alanla ilgili bir kanun değildir?
   A) Lenz
   B) Faraday
   C) Ohm
   D) Maxwell

2. Aşağıdakilerden hangisi H köprüsü sürücü entegresi değildir?
   A) TA7257
   B) P L297
   C) L298
   D) L293

3. Aşağıdakilerden hangisi DC motor çeşitlerinden değildir?
   A) İndüksiyon
   B) Şönt
   C) Seri
   D) Kompunt

4. Aşağıdakilerden hangisi DC motor devrini ölçmede kullanılmaz?
   A) Hall effect (alan etkili) sensör
   B) Optic sensör
   C) Dil rölesi
   D) Load cell

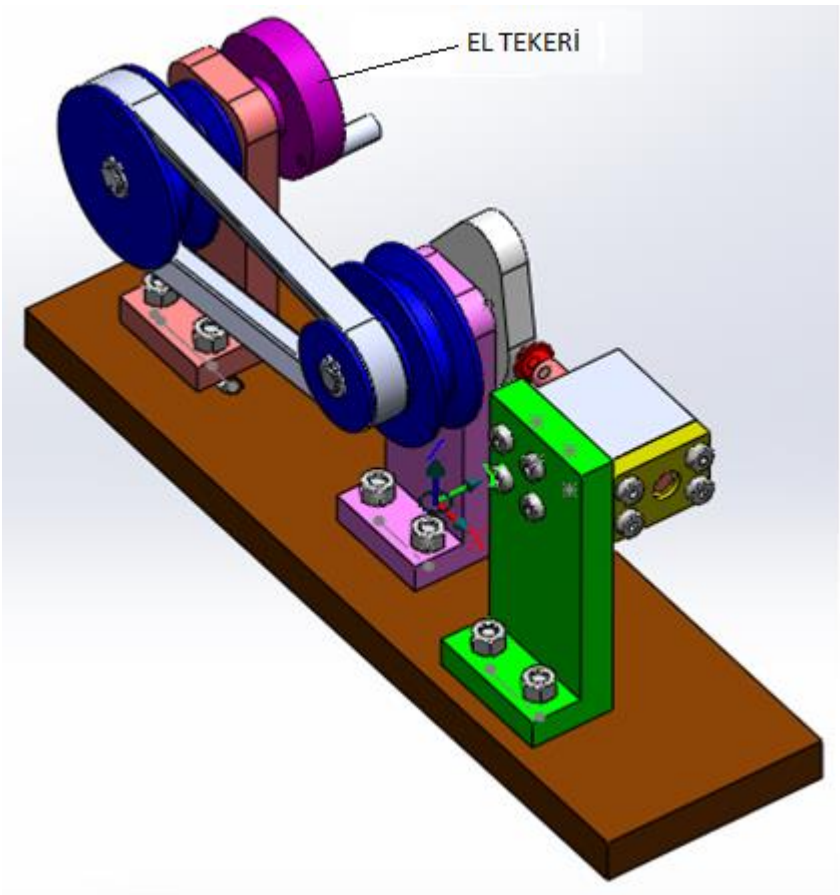
5. Elektrikle manyetizma arasındaki ilişki ilk defa hangi bilim adamı tarafından ifade edilmiştir?
   A) Oersted
   B) Steiner
   C) Lenz
   D) Maxwell

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

Kayış Kasnak Mekanizmaları modülünde yaptığınız Kayış Kasnak ve Kam Tertibatı uygulamasında el tekerini çıkararak, bu tekerin bağlı olduğu milin ucuna kaplin yardımı ile DC motor bağlayınız. İkinci öğrenme faaliyetinde yaptığınız DC motor sürme devresini kullanarak mekanizmayı çalıştırınız.



## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (**X**) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

| Değerlendirme Ölçütleri | EVET | HAYIR |
|---|---|---|
| Mekanizmada kuvvet analizini anlayabildiniz mi? | | |
| Kamların görevini ve işleyişini kavradınız mı? | | |
| Kam tasarımını anladınız mı? | | |
| DC motorlarının çalışma prensibini anladınız mı? | | |
| DC motorlarını sürme prensiplerini öğürendiniz mi? | | |
| Elektromekanizma terimini kavradınız mı? | | |

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ – 1 CEVAP ANAHTARI

| SORU | CEVAP |
|---|---|
| 1 | C |
| 2 | B |
| 3 | D |
| 4 | D |
| 5 | C |

## ÖĞRENME FAALİYETİ – 2 CEVAP ANAHTARI

| SORU | CEVAP |
|---|---|
| 1 | C |
| 2 | B |
| 3 | A |
| 4 | D |
| 5 | A |

# KAYNAKÇA


- BAĞCI Mustafa, Teknik Resim Cilt II, Birsen Yayınevi, 1997.
- BIÇAKÇI Ali Naci, Mustafa ERKMEN, **SolidWorks**, Pusula Yayıncılık, 2006.
- HİBBELER R. C., **Engineering Mechanics Dynamics**, 8th edition Pearson Education, 1997.
- SHİGLEY J. Edward, J. Joseph UİCKER, **Theory of Machines and Mechanism**, McGraw-Hill Inc., 1980.
- ŞEN İ. Zeki, Nail ÖZÇİLİNİGİR, **Makine Teknik Resmi II**, Litoo Matbası 1993.
- http://motivate.maths.org/conferences/conf14/c14_talk4.shtml 15.07.2012
- http://www.ux1.eiu.edu/~cfadd/3050/Ch08Rot/AngMom.html 15.07.2012